

Πανεπιστήμιο Πελοποννήσου
Σχολή Μηχανικών
Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών

Πτυχιακή εργασία

**«Μελέτη & επίλυση κτιρίου από οπλισμένο
σκυρόδεμα με το πρόγραμμα Fespa Tekton»**

Ονοματεπώνυμο σπουδαστή: Χατζηιωαννίδης Νικόλαος
Εποπτεύον καθηγητής: Μπισκίνης Διονύσιος

Πάτρα, 2021

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Ευχαριστίες.....	2
Πρόλογος.....	3
Περίληψη.....	4
Εισαγωγή.....	5
Κεφάλαιο 1 ^ο Ευρωκώδικες.....	6
1.1. Ευρωκώδικες.....	6
1.2 Ευρωκώδικας 1.....	6
1.3 Ευρωκώδικας 2.....	9
1.4 Ευρωκώδικας 8.....	10
Κεφάλαιο 2 ^ο Οπλισμένο Σκυρόδεμα.....	11
2.1 Χαρακτηριστικά.....	11
2.2 Κατηγορίες.....	17
Κεφάλαιο 3 ^ο Δομικός χάλυβας.....	20
Κεφάλαιο 4 ^ο Στατική ανάλυση.....	21
4.1 Στατική ανάλυση pushover.....	22
Κεφάλαιο 5 ^ο Θεμελιώσεις.....	24
5.1 Πέδιλα με συνδετήριες δοκούς.....	24
5.2 Εσχάρα θεμελίωσης / Πεδιλοδοκάρια.....	26
5.3 Γενική Κοιτόστρωση.....	289
Κεφάλαιο 6 ^ο Λογισμικό Fespa.....	30
Κεφάλαιο 7 ^ο Στόχος της παρούσας εργασίας.....	36
Κεφάλαιο 8 ^ο Ανάλυση εργασίας.....	37
Κεφάλαιο 9 ^ο Ανάλυση τεύχους Στατικής Μελέτης.....	60
Βιβλιογραφία.....	66

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή κ. Μπισκίνη Διονύσιο για την βοήθεια, τις ουσιώδεις συμβουλές, τις σημαντικές γνώσεις του και την ενθάρρυνση που μου παρείχε κατά τη διάρκεια εκπόνησης της διπλωματικής εργασίας, αλλά και για την υπομονή που έδειξε. Η καθοδήγησή του ήταν άμεση με αποτέλεσμα η συνεργασία μας να εξελιχθεί σε άριστο βαθμό. Παράλληλα θα ήθελα να ευχαριστήσω το Τεχνικό Γραφείο Αναστόπουλος – Μανιάτης για την παραχώρηση του προγράμματος Fespa Tekton για να μπορέσει να υλοποιηθεί αυτή η εργασία.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα εργασία στο θεωρητικό της πλαίσιο μας αναλύει τους Ευρωκώδικες και συγκεκριμένα τους Ευρωκώδικες 1, 2 και 8. Εν συνεχεία αναφέρει τα χαρακτηριστικά και τις κατηγορίες του οπλισμένου σκυροδέματος. Μετέπειτα γίνεται αναφορά στην στατική ανάλυση. Παράλληλα εξηγούνται διεξοδικά οι τρεις τύποι θεμελίωσης και ειδικότερα τα πέδιλα με συνδετήριες δοκούς, τα πεδιλοδοκάρια και η γενική κοιτόστρωση. Κρίνεται ιδιαίτερα αναγκαίο να παρουσιαστεί το στατικό πρόγραμμα Fespa Tekton προκειμένου να αναδειχθεί η ύψιστη σημασία του. Όσον αφορά το μεθοδολογικό πλαίσιο της παρούσας εργασίας αναφέρονται οι στόχοι και η ανάλυση της. Στόχος της είναι να αναδείξει την επίλυση στατικού φορέα προκειμένου να καταστεί σαφές ότι ένα κτίριο μπορεί να φέρει επιτυχώς τα φορτία του.

Λέξεις Κλειδιά: Ευρωκώδικες, Fespa Tekton, Στατική επίλυση, Οπλισμένο Σκυρόδεμα

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα πτυχιακή εργασία έχει ως βασικό της στόχο να αναδείξει την επίλυση στατικού φορέα προκειμένου να καταστεί σαφές ότι ένα κτίριο μπορεί να φέρει επιτυχώς τα φορτία του. Για αυτό τον λόγο η παρούσα εργασία αναλύει την διαδικασία με την οποία υλοποιήθηκε η επίλυση του στατικού φορέα. Χρησιμοποιήθηκε το στατικό πρόγραμμα Fespa Tekton αφού με αυτό το πρόγραμμα μας δόθηκε η ευκαιρία για την δημιουργία προσομοιώματος της κατασκευής, την ανάλυση, την όπλιση, την επιθεώρηση των αποτελεσμάτων και την δημιουργία τεύχους υπολογισμών.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στο πρώτο κεφάλαιο αναλύονται οι Ευρωκώδικες που αναπτυχθήκαν υπό την καθοδήγηση και το συντονισμό της Τεχνικής Επιτροπής CEN/TC250 και αφορούν τα κράτη-μέλη της ευρωπαϊκής ένωσης. Οι Ευρωκώδικες δημιουργήθηκαν για την παροχή ενιαίων ευρωπαϊκών κανονισμών για τον σχεδιασμό και την μελέτη φορέων στον τομέα του Πολιτικού Μηχανικού. Στο δεύτερο κεφάλαιο αναφέρονται τα χαρακτηριστικά και τις κατηγορίες του οπλισμένου σκυροδέματος. Στο τρίτο κεφάλαιο γίνεται αναφορά στον δομικό χάλυβα. Στο τέταρτο κεφάλαιο αναλύεται η στατική επίλυση, αλλά και η στατική ανάλυση pushover που αποτελεί ένα δημοφιλές εργαλείο για την σεισμική αξιολόγηση της απόδοσης των υφιστάμενων και νέων δομών. Στο πέμπτο κεφάλαιο γίνεται αναφορά στις θεμελιώσεις που αποτελούν το υπόγειο μέρος του κατασκευαστικού έργου που μεταφέρει στο έδαφος τα φορτία της ανωδομής. Στο έκτο κεφάλαιο αναφέρεται το Fespa που είναι ένα στατικό πρόγραμμα που χρησιμοποιείται για την διαστασιολόγηση, την ανάλυση, τον έλεγχο, την απεικόνιση, και την σχεδίαση των δομημάτων των τριών διαστάσεων (x,y,z), σύμφωνα με τους Ευρωκώδικες και το ισχύον νομοθετικό πλαίσιο της εκάστοτε χώρας. Στα επόμενα κεφάλαια αναφέρονται οι στόχοι της παρούσας εργασίας, η ανάλυσή της και η ανάλυση τεύχους της στατικής μελέτης.

Κεφάλαιο 1^ο Ευρωκώδικες

1.1 Ευρωκώδικες

Οι Ευρωκώδικες αναπτυχθήκαν υπό την καθοδήγηση και το συντονισμό της Τεχνικής Επιτροπής CEN/TC250 και αφορούν τα κράτη-μέλη της ευρωπαϊκής ένωσης. Οι Ευρωκώδικες δημιουργήθηκαν για την παροχή ενιαίων ευρωπαϊκών κανονισμών για τον σχεδιασμό και την μελέτη φορέων στον τομέα του Πολιτικού Μηχανικού. Με αυτούς επιτυγχάνεται η ελευθερία παροχής υπηρεσιών ακολουθώντας ένα ενιαίο σύνολο κανόνων (Eurocode 1, 1991).

Οι ευρωκώδικες είναι άμεσα συνδεδεμένοι με την οικονομική δραστηριότητα στον τομέα των κατασκευών και σχετίζονται με την προστασία των πολιτών. Με τους ευρωκώδικες (Λώλου&Μακοπούλου, 2016):

- Βελτιώνεται η λειτουργία της ενιαίας αγοράς εξαλείφοντας τα εμπόδια που υπάρχουν από τις διαφορετικές εθνικές κανονιστικές ρυθμίσεις
- Ενισχύεται η ανταγωνιστικότητα τόσο σε ευρωπαϊκό όσο και σε διεθνές επίπεδο

Ο σχεδιασμός ενός δομήματος με βάση τους ευρωκώδικες μπορεί να δώσει σαν αποτέλεσμα ένα κτίριο που είναι ασφαλέστερο στους σεισμούς, οικονομικότερο κατά την κατασκευή και λειτουργικότερο στην χρήση από ότι θα πετύχαινε κανένας σχεδιάζοντας το ίδιο κτίριο με βάση τους ελληνικούς κανονισμούς. Ασφαλέστερα δομήματα επιτυγχάνονται όχι μόνο λόγω του ότι εισάγονται νέοι ή αυστηροποιούνται ορισμένοι έλεγχοι αλλά και επειδή αυξάνεται το επίπεδο των εισαγόμενων σεισμικών δυνάμεων (Fespa, 2010).

Καθώς στον ευρωκώδικα κάθε δόμημα αντιμετωπίζεται με τις ιδιαιτερότητες του, λόγω χάρη κανονικό σε κάτοψη, κανονικό καθ' ύψος και τα λοιπά δίνεται ευκαιρία στον προσεκτικό μελετητή προσαρμοζόμενος στις ιδιότητες κάθε κτιρίου να μειώσει αποτελεσματικά τους όγκους σιδήρου και σκυροδέματος που απαιτούνται κατά τον σχεδιασμό του κτιρίου (Fespa, 2010).

Ένα άλλο πλεονέκτημα που μας δίνουν οι ευρωκώδικες είναι ότι δημιουργεί πιο λειτουργικά δομήματα. Για παράδειγμα ο ευρωκώδικας 8 δεν επιβάλλει τα υπερβολικά μεγάλα τοιχώματα, 1.5m ή 2.0 μόπως επέβαλε ο ελληνικός κανονισμός σχεδόν σε κάθε οικοδομή αλλά αφήνει στην ευχέρεια του μελετητή να επιλέξει το πλήθος και το μήκος των τοιχωμάτων καθοδηγώντας τον για το είδος και την λεπτομέρεια των ελέγχων που χρειάζονται κάθε φορά ώστε να εξασφαλιστεί η ικανότητα της κατασκευής να ανταπεξέλθει στους αναμενόμενους σεισμικούς κραδασμούς. Αυτό δίνει διέξοδο στον λειτουργικό σχεδιασμό των κτιρίων ούτως ώστε να δημιουργούνται οι εκάστοτε απαραίτητες θέσεις γκαράζ και να μην παρεμποδίζονται άλλες λειτουργίες του κτιρίου ή αρχιτεκτονικές απαιτήσεις (Fespa, 2010).

Παρόλο που οι ευρωκώδικες είναι ενιαία κείμενα για όλη την ευρωπαϊκή ένωση το επίπεδο ασφάλειας κάθε κράτους-μέλους καθορίζεται από τις εθνικές ρυθμιστικές αρχές του εκάστοτε κράτους-μέλους. Το επίπεδο ασφάλειας επηρεάζεται από γεωφυσικές και κλιματολογικές τοπικές συνθήκες. Οι ευρωκώδικες αρχικά συνυπήρχαν με τα εθνικά κανονιστικά πλαίσια κάθε κράτους-μέλους. Μετέπειτα τα κράτη-μέλη έπρεπε να τροποποιήσουν την εθνική τους νομοθεσία και να αποσυρθούν οι εθνικοί κανονισμοί που δεν συνάδουν με τους ευρωκώδικες. Σήμερα οι ευρωκώδικες εφαρμόζονται από τα κράτη-μέλη.

Για την Ελλάδα, η γλωσσική και προτυποτεχνική επιμέλεια στην Ελληνική γλώσσα έγινε από την Τεχνική Επιτροπή του ΕΛΟΤ ΤΕ 67 «Ευρωκώδικες». Απαρτίζονται από 10 κύρια Ευρωπαϊκά Πρότυπα που συμπεριλαμβάνουν όλους τους τρόπους δόμησης και ολοκληρώθηκαν το 2007, έπειτα από τροποποιήσεις και διευκρινίσεις. Στην Ε.Ε. από το 2013 ενδείκνυται για όλα τα μέλη της ως κοινή λειτουργική κατασκευαστική γραμμή.

Ο ΕΛΟΤ έχει εντάξει τα πρότυπα από τους ευρωκώδικες στην Ελλάδα με την μέθοδο υιοθέτησης του πρωτότυπου κειμένου. Το έργο του αναλύεται ως εξής:

- Εργασίες σύνταξης των μεταφράσεων στην ελληνική
- Έναρξη μεταφράσεων το 2004 με ολοκλήρωση το 2009
- Γλωσσική επεξεργασία με έναρξη το 2007 και ολοκλήρωση το 2009
- Σταδιακή τοποθέτηση από τον ΕΛΟΤ της δουλειάς σε δημόσια κρίση ούτως ώστε να εγκριθούν και να οριστικοποιηθούν όλα όσα είχε κάνει

Όπως έχει ήδη ειπωθεί, οι Ευρωκώδικες αποτελούνται από δέκα κύρια Ευρωπαϊκά Πρότυπα που αφορούν τρόπους δόμησης σύμφωνα με τα υλικά κατασκευής (σκυρόδεμα, χάλυβα, ξύλο, τοιχοποιία, γεωτεχνικά έργα και αλουμίνιο).

Πίνακας 1.

EN	Ευρωκώδικας	Περιγραφή
EN 1990	Ευρωκώδικας 0	Βάσεις σχεδιασμού φερουσών κατασκευών
EN 1991	Ευρωκώδικας 1	Δράσεις στις φέρουσες κατασκευές
EN 1992	Ευρωκώδικας 2	Σχεδιασμός φερουσών κατασκευών από σκυρόδεμα
EN 1993	Ευρωκώδικας 3	Σχεδιασμός φερουσών κατασκευών από χάλυβα.
EN 1994	Ευρωκώδικας 4	Σχεδιασμός συμμίκτων φερουσών κατασκευών από χάλυβα και σκυρόδεμα
EN 1995	Ευρωκώδικας 5	Σχεδιασμός ξύλινων φερουσών κατασκευών
EN 1996	Ευρωκώδικας 6	Σχεδιασμός φερουσών κατασκευών από τοιχοποιία.
EN 1997	Ευρωκώδικας 7	Γεωτεχνικός σχεδιασμός
EN 1998	Ευρωκώδικας 8	Αντισεισμικός σχεδιασμός φερουσών κατασκευών
EN 1999	Ευρωκώδικας 9	Σχεδιασμός φερουσών κατασκευών από αλουμίνιο

Ο ευρωκώδικας 0 αποτελεί την βάση για όλους τους ευρωκώδικες αφού ορίζει τις βασικές αρχές που χρησιμοποιούνται για τον σχεδιασμό των δομημάτων. Παρέχει τις μη εξαρτώμενες από τα δομικά υλικά πληροφορίες που χρειάζονται για τα κατασκευαστικά έργα.

Ο ευρωκώδικας 1 παρουσιάζει τις τιμές για διάφορους τύπους φορτίων, τις πυκνότητες για τα υλικά, αλλά και την μεθοδολογία υπολογισμού των δράσεων που μπορεί να επιφέρουν ζημιά σε μια κατασκευή.

Ο ευρωκώδικας 2 ορίζει τις τεχνικές προδιαγραφές για τον σχεδιασμό κτιρίων που κατασκευάζονται από άοπλο, οπλισμένο και προ εντεταμένο σκυρόδεμα.

Ο ευρωκώδικας 3 ορίζει τις τεχνικές προδιαγραφές για τον σχεδιασμό κτιρίων που κατασκευάζονται από χάλυβα. Ασχολείται μόνο με απαιτήσεις για αντοχή, λειτουργικότητα ανθεκτικότητα και πυρασφάλεια των κατασκευών από χάλυβα ενώ ο ευρωκώδικας 4 ορίζει τις τεχνικές προδιαγραφές για τον σχεδιασμό συμμίκτων κτιρίων που κατασκευάζονται από χάλυβα και σκυρόδεμα (Λώλου&Μακοπούλου, 2016).

Ο ευρωκώδικας 5 περιγράφει την μεθοδολογία για την ανάλυση, τον σχεδιασμό και την κατασκευή κτιρίων από δομική ξυλεία. Ο ευρωκώδικας 6 ορίζει τις τεχνικές προδιαγραφές για τον σχεδιασμό κτιρίων που κατασκευάζονται από άοπλη και οπλισμένη τοιχοποιία.

Ο ευρωκώδικας 7 περιγράφει τις αρχές σχεδιασμού νέων έργων και ελέγχου παλαιών και προσφέρει λύσεις σε θέματα αξιοπιστίας σε γεωτεχνικά ζητήματα που αφορούν τον σχεδιασμό κτιρίων (Λώλου&Μακοπούλου, 2016).

Ο ευρωκώδικας 8 εφαρμόζεται στην μελέτη και κατασκευή κτιρίων σε σεισμικές περιοχές. Τέλος, ο ευρωκώδικας 9 εφαρμόζεται στην μελέτη και κατασκευή κτιρίων από αλουμίνιο.

Η συγκεκριμένη στατική επίλυση υλοποιήθηκε με ευρωκώδικες EC1, EC2 και EC8 με χρήση ελληνικού προσαρτήματος.:

- EC1: «Δράσεις στις φέρουσες κατασκευές»
- EC2: «Σχεδιασμός φερουσών κατασκευών από σκυρόδεμα»
- EC8: «Αντισεισμικός σχεδιασμός φερουσών κατασκευών»

1.2 Ευρωκώδικας 1

Ο Ευρωκώδικας 1 παρέχει κανονισμούς για τις δράσεις που διαδραματίζονται κατά την διάρκεια σχεδιασμού κτιρίων και χωρίζεται σε τέσσερα μέρη. Πιο συγκεκριμένα, το πρώτο χωρίζεται σε υποκατηγορίες που αναφέρονται σε πυκνότητες, ίδιο βάρος, επιβαλλόμενα φορτία (πυρκαγιά, χιόνι, άνεμος), φορτία θερμικών δράσεων και τυχηματικά φορτία ενώ τα υπόλοιπα αναφέρονται σε φορτία κυκλοφορίας σε γέφυρες, ενέργειες γερανών και μηχανημάτων και ενέργειες σε σιλό και δεξαμενές (Eurocode 1, 1991).

1.3 Ευρωκώδικας 2

Ο Ευρωκώδικας 2 εστιάζει αφενός στους γενικούς κανονισμούς για τον σχεδιασμό των δομημάτων από σκυρόδεμα και αφετέρου στους κανονισμούς για τον σχεδιασμό των κτιριακών έργων εν γένει. Ένα δόμημα χρειάζεται να κατασκευαστεί με τέτοιο τρόπο ούτως ώστε να είναι σε θέση να ανταπεξέλθει σε οποιαδήποτε επίπτωση που μπορεί να προέλθει από φυσικά ή μη αίτια (Eurocode 2, 1992).

Ένα δόμημα πριν κατασκευαστεί χρειάζεται να γίνει ενδελεχής σχεδιασμός προκειμένου να αποφευχθούν ή να περιοριστούν οι πιθανές βλάβες. Ένα δόμημα για να μπορεί να ανταπεξέλθει σε βλάβες από φυσικά αίτια θα πρέπει να πληροί τις προϋποθέσεις λειτουργικότητας, αντοχής και ευστάθειας. Η ανθεκτικότητα καθόλη την διάρκεια της ζωής ενός κτιρίου επιτυγχάνεται με την επιλογή ορθού δομικού υλικού. Για να επιτευχθεί η απαιτούμενη διάρκεια ζωής ενός κατασκευαστικού έργου χρειάζεται να τηρηθούν τα μέτρα προκειμένου να προστατευτούν τα δομικά μέλη, τα οποία μπορεί να κινδυνεύσουν από περιβαλλοντικές δράσεις. Τέτοιες δράσεις μπορεί να είναι αφενός χημικές περιβαλλοντικές συνθήκες και αφετέρου φυσικές περιβαλλοντικές συνθήκες.

Τέλος αξίζει να αναφερθεί ότι ο Ευρωκώδικας 2 προϋποθέτει ότι:

- Τα δομικά υλικά θα χρησιμοποιηθούν σύμφωνα με τον τρόπο προδιαγραφής τους
- Θα παρέχεται έλεγχος ποιότητας
- Το δόμημα θα συντηρείται σε ικανοποιητικό βαθμό

1.4 Ευρωκώδικας 8

Ο Ευρωκώδικας 8 παρέχει κανονισμούς αφενός για τον σχεδιασμό και την κατασκευή κτιρίων και αφετέρου για κατασκευαστικά έργα που υλοποιούνται σε μια σεισμική περιοχή. Στοχεύει στην διασφάλιση του κτιρίου σε περίπτωση έντονου σεισμού προκειμένου να διασφαλιστεί η ασφάλεια και η προστασία όσων είναι μέσα ή έξω από το κτίριο, αλλά και η μείωση έως και η εκμηδένιση ζημιών του κτιρίου (Eurocode 8, 1998).

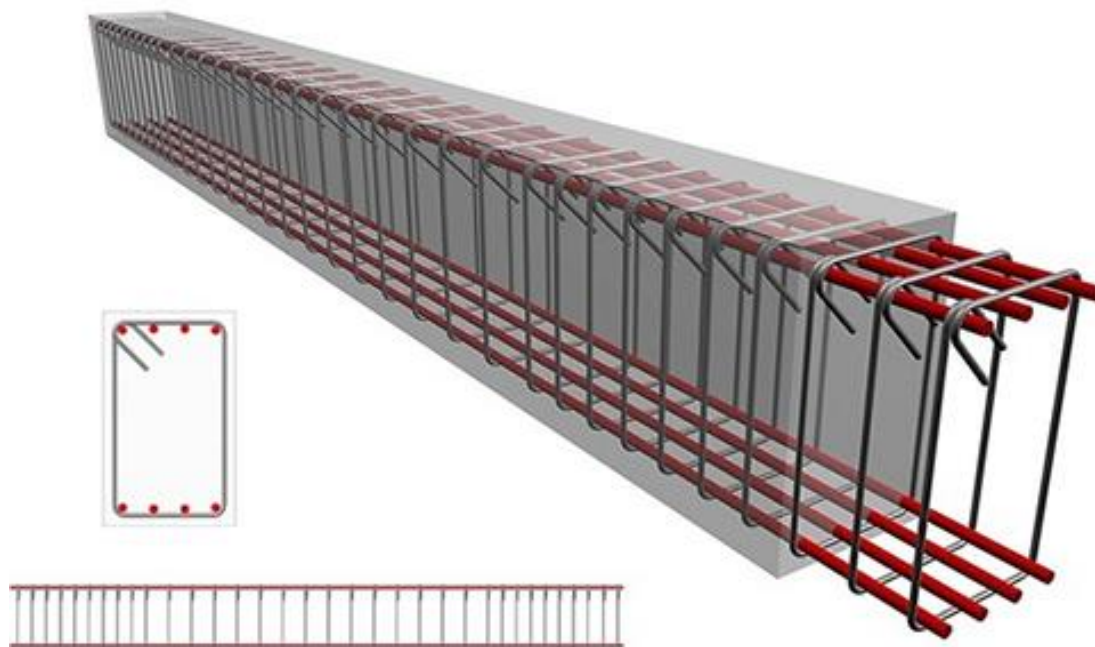
Τα σεισμικά φαινόμενα χαρακτηρίζονται από την απρόβλεπτη εμφάνισή τους με αποτέλεσμα να μην είναι αρκετοί οι διαθέσιμοι πόροι που χρειάζονται για να αντιμετωπίσουν τις επιπτώσεις του φαινομένου. Η προστασία που μπορεί να δοθεί στα κτίρια εξαρτάται από τους διαθέσιμους πόρους, την χώρα, αλλά και το πόσο σεισμογενής είναι η χώρα αυτή.

Στόχοι του ευρωκώδικα 8 σε περίπτωση σεισμού είναι να διασφαλίσει (Λώλου&Μακοπούλου, 2016):

- Την προστασία του ανθρώπινου βίου
- Οι βλάβες στα δομήματα να είναι περιορισμένες
- Τα κατασκευαστικά έργα που είναι σημαντικά για την προστασία των πολιτών θα παραμείνουν σε λειτουργία και μετά την εμφάνιση σεισμού

Αξίζει να τονιστεί ότι λαμβάνοντας υπόψιν την αβεβαιότητα στην συχνότητα εμφάνισης, αλλά και της έντασης ενός σεισμού και τους περιορισμένους διαθέσιμους πόρους στην αντιμετώπιση των επιπτώσεων του σεισμού στα δομήματα καθιστά τους προαναφερθέντες στόχους υλοποιήσιμους με πιθανολογικούς όρους.

Κεφάλαιο 2^ο Οπλισμένο σκυρόδεμα



Οπλισμένο σκυρόδεμα

2.1 Χαρακτηριστικά

Το σκυρόδεμα με την σημερινή του μορφή χρησιμοποιήθηκε στις αρχές του 20^{ου} αιώνα ενώ μετά το 1950 η χρήση του γενικεύθηκε καθιστώντας το σήμερα το κυριότερο παγκοσμίως υλικό κατασκευών με την μορφή οπλισμένου σκυροδέματος. Εξαιτίας της έντονης σεισμικής δραστηριότητας που σημειώνεται στην χώρα μας τόσο η διαδικασία παραγωγής όσο και αυτή της τελικής ενσωμάτωσης του σκυροδέματος στις κατασκευές οφείλουν να συμμορφώνονται με τις αρχές που προβλέπονται στα εδάφια του Κανονισμού Τεχνολογίας Σκυροδέματος, ο οποίος ισχύει σήμερα καλύπτοντας τις απαιτήσεις για σύγχρονες, ασφαλείς και αντισεισμικές κατασκευές (Εγχειρίδιο σκυροδέτησης).

Η αντοχή και το φαινόμενο βάρος για το σκυρόδεμα καθορίζονται βάσει τυποποιημένων δοκιμών. Το φαινόμενο βάρος του άοπλου σκυροδέματος είναι ίσο με 24kN/m^3 και το φαινόμενο βάρος οπλισμένου ή προεντεταμένου σκυροδέματος ίσο με 25kN/m^3 , σε περίπτωση συνήθων ποσοστών οπλισμού (Καρτσάκας,2008).

Η θλιπτική αντοχή του σκυροδέματος μετράται στις 28 ημέρες σε κυλινδρικά δοκίμια διαμέτρου 150mm και ύψους 300mm ή κυβικά δοκίμια ακμή 150mm, σύμφωνα με τις διατάξεις του Κανονισμού Τεχνολογίας Σκυροδέματος. (Καρτσάκας,2008).

Το σκυρόδεμα είναι ένα ευρέως γνωστό δομικό υλικό. Αυτό οφείλεται τόσο στην ανθεκτικότητά του σε περιβαλλοντικές επιδράσεις που είναι εξαιρετικά καλή όσο και στην ορθή αντίδρασή του με το νερό. Εκτός αυτών, η χαμηλή του τιμή, αλλά και η άμεση διαθεσιμότητα των συστατικών του το καθιστούν ένα προσιτό δομικό υλικό. Οι ιδιότητες του σκυροδέματος είναι άμεσα συνδεδεμένες με την ποιότητα των πρώτων υλών και την μεθοδολογία της παρασκευής του. Υψίστης σημασίας για την μετέπειτα συμπεριφοράς του σκυροδέματος είναι η πρώτη ύλη δηλαδή το τσιμέντο, το οποίο είναι υπεύθυνο για την ανθεκτικότητα της κατασκευής από το σκυρόδεμα.

Με τον όρο ανθεκτικότητα σκυροδέματος εννοούμε την δυνατότητα του οπλισμένου σκυροδέματος να αντιστέκεται για όλη την διάρκεια της ζωής του στις δυσμενείς επιδράσεις του περιβάλλοντος έτσι ώστε να μην παθαίνει ζημιές, οι οποίες μειώνουν την ικανότητα να αναλαμβάνει φορτία (σεισμικά ή άλλα), τα οποία σχεδιάστηκε να αναλαμβάνει (Εγχειρίδιο σκυροδέτησης).

Τα συστατικά της ατμόσφαιρας που προκαλούν αλλοιώσεις στο οπλισμένο σκυρόδεμα είναι το διοξείδιο του άνθρακα και τα χλωριόντα που είναι μέρος του κοινού αλατιού της θάλασσας και βρίσκονται στην ατμόσφαιρα στις παραθαλάσσιες περιοχές. Αυτά τα δύο συστατικά με διαφορετικό μηχανισμό το καθένα εισχωρώντας στο σκυρόδεμα από αόρατες στο γυμνό μάτι μικρορωγμές προσβάλλουν και οξειδώνουν τον οπλισμό που εμπεριέχεται στο σκυρόδεμα (Εγχειρίδιο σκυροδέτησης).

Ο σίδηρος έχει την ιδιότητα να διογκώνεται όταν οξειδώνεται. Έτσι ο οπλισμός όταν οξειδώνεται από το διοξείδιο του άνθρακα και τα χλωριόντα διογκώνεται με αποτέλεσμα να σπρώχνει προς τα έξω το σκυρόδεμα που τον περιβάλλει οπότε δημιουργούνται μεγάλες ρωγμές στο σκυρόδεμα. Από αυτές τις μεγάλες ρωγμές οι διαβρωτικοί παράγοντες εισχωρούν στο σκυρόδεμα με επιταχυνόμενους ρυθμούς με συνέπεια την ταχύτητα εξέλιξη της διάβρωσης. Το καθαρό πάχος (διατομή) του υγιούς οπλισμού μειώνεται και έτσι ο συνδυασμός σκυροδέμα-οπλισμός δεν μπορεί να αναλάβει πλέον τα φορτία που αρχικά σχεδιάστηκε να αναλαμβάνει με ό,τι κίνδυνο αυτό συνεπάγεται για την στατικότητα του κτιρίου (Εγχειρίδιο σκυροδέτησης).

Τα μέτρα που πρέπει να λαμβάνονται για την πρόληψη των παραπάνω φαινομένων είναι τα ακόλουθα (Εγχειρίδιο σκυροδέτησης):

- Τήρηση με ευλάβεια των απαραίτητων χαρακτηριστικών του σκυροδέματος που έχουν την μεγαλύτερη σημασία για την ανθεκτικότητα του δηλαδή του μέγιστου λόγου νερού/ τσιμέντου και της ελάχιστης περιεκτικότητας σε τσιμέντο όπως αυτά ορίζονται στον Κανονισμό Τεχνολογίας Σκυροδέματος
- Τήρηση των προβλεπόμενων, από την στατική μελέτη, επικαλύψεων του οπλισμού σε όλα τα εξωτερικά στοιχεία του σκελετού με την χρήση κατάλληλων αποστακτηρών στις ράβδους του οπλισμού
- Πολύ καλή συμπύκνωση του σκυροδέματος ούτως ώστε να μην παραμένουν μεγάλα κενά (φωλιές, αέρας) στην μάζα του σκυροδέματος
- Σχολαστική συντήρηση του σκυροδέματος αμέσως μετά την διάστρωση

Πρώτες ύλες σκυροδέματος είναι τα ακόλουθα:

- Τσιμέντο
- αδρανή υλικά

- νερό ανάμιξης
- βελτιωτικά (χημικά) πρόσθετα
- πρόσθετα συστατικά

Το τσιμέντο όταν αναμειχθεί με νερό πήζει και σκληραίνει διατηρώντας την ιδιότητα της αντοχής και της σταθερότητας κάτω από το νερό. Τα αδρανή υλικά συνδέονται και συγκολλούνται μεταξύ τους με δυνάμεις συνάφειας και βοηθούν την αντοχή του τελικού προϊόντος. Τα χαρακτηριστικά των αδρανών που επηρεάζουν την ποιότητα του τελικού προϊόντος είναι: η αντοχή τους η καθαρότητα (η ύπαρξη δηλαδή ή όχι πρόσμικτων ουσιών), η πρόσφυση με την κονία, η χημική συμπεριφορά τους με άλλα συστατικά του σκυροδέματος, η κοκκομετρική τους διαβάθμιση και η θλιπτική αντοχή. Βελτιωτικά ή χημικά πρόσμικτα είναι τα υλικά που προστίθενται σε μικρές ποσότητες και έχουν στόχο να τροποποιήσουν τις ιδιότητες του σκυροδέματος. Τέλος, τα πρόσθετα συστατικά χρησιμοποιούνται αφενός για να βελτιώσουν ιδιότητες του σκυροδέματος και αφετέρου για να πετύχουν συγκεκριμένες ιδιότητες (Ζαχαροπούλου, 2014).

Το οπλισμένο σκυρόδεμα είναι το αποτέλεσμα της ενίσχυσης του σκυροδέματος με άλλο υλικό μεγαλύτερης αντοχής μια διαδικασία που λέγεται οπλισμός. Το πιο διαδεδομένο υλικό οπλισμού είναι ο χάλυβας. Απώτερος στόχος είναι να συνδυαστούν οι ιδιότητες του σκυροδέματος και του χάλυβα ούτως ώστε να ανταποκρίνονται στις ανάγκες του εκάστοτε κατασκευαστικού έργου. Το υλικό που θα χρησιμοποιηθεί ως οπλισμός είναι μείζονος σημασίας να είναι σε θέση να καλύπτει το μειονέκτημα του σκυροδέματος. Δηλαδή το υλικό που θα χρησιμοποιηθεί ως οπλισμός χρειάζεται να έχει μεγάλη αντοχή σε εφελκυσμό. Παράλληλα, πρέπει αυτό το υλικό να έχει παρόμοιο συντελεστή θερμικής διαστολής με το σκυρόδεμα όταν αλλάζει η θερμοκρασία. Ο χάλυβας είναι ένα υλικό που πληροί αυτές τις προϋποθέσεις. Τις θλιπτικές δυνάμεις αναλαμβάνει το σκυρόδεμα και τις εφελκυστικές ο χάλυβας.

Ο οπλισμός τοποθετείται στο σκυρόδεμα ως ράβδοι σε επιλεγμένες θέσεις ανάλογα με τα αποτελέσματα που έχουν προκύψει από την στατική ανάλυση της κατασκευής. Οι ράβδοι αυτοί τοποθετούνται εκεί όπου δεν είναι επαρκής η αντοχή του κατασκευαστικού έργου.

Η συνάφεια του οπλισμού στο σκυρόδεμα είναι μια από τις βασικές προϋποθέσεις που καθιστά το οπλισμένο σκυρόδεμα δομικό υλικό των κατασκευών έργων. Η μεταφορά δύναμης από τους οπλισμούς στο γύρω σκυρόδεμα υλοποιείται με την συνάφεια χάλυβα-σκυροδέματος. Αυτό έχει ως άμεσο επακόλουθο τη μεταβολή της δύναμης του χάλυβα κατά μήκος του καθώς και τη μεταβολή της δύναμης στο σκυρόδεμα στο ίδιο μήκος. Η συνάφεια επηρεάζεται από:

- Το επιβαλλόμενο φορτίο
- Την ποιότητα του σκυροδέματος
- Τις μηχανικές ιδιότητες των ράβδων οπλισμού
- Τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά της επιφάνειας των ράβδων οπλισμού
- Την κατάσταση στην οποία είναι η επιφάνεια των ράβδων οπλισμού

Στον τομέα πολιτικών μηχανικών το οπλισμένο σκυρόδεμα είναι ένα από τα πιο χρησιμοποιημένα δομικά υλικά που συμβάλλουν στην δομή του κτιρίου. Η διάβρωση οπλισμού αποτελεί ένα από τα πιο συνηθισμένα προβλήματα που επηρεάζουν την ανθεκτικότητα του

οπλισμένου σκυροδέματος. Για αυτό χρειάζονται τεχνικές επιθεώρησης για την αξιολόγηση της διάβρωσης του χάλυβα στο σκυρόδεμα προκειμένου να προστατευτεί η δομή από οπλισμένο σκυρόδεμα (Chatterjeeetal, 2017). Η διάβρωση του χάλυβα έχει ως αποτέλεσμα την μείωση της διατομής της ράβδου κατά την ποσότητα του χάλυβα δηλαδή την σκουριά. Επιπροσθέτως, μειώνει την ολκιμότητα του χάλυβα πράγμα που επηρεάζει άμεσα την σεισμική συμπεριφορά του μέλους (Ζαχαροπούλου, 2014).

Η ορθή παραγγελία σκυροδέματος είναι υψίστης σημασίας (τρόπος, χρόνος, λεπτομέρειες) για την άρτια εκτέλεση της σκυροδέτησης. Η ορθή δρομολόγηση μιας παραγγελίας είναι αυτή που συμβάλλει στην σωστή εξυπηρέτηση του πελάτη με ταχύτητα, ακρίβεια, αξιοπιστία. Η παραγγελία θα πρέπει να υποβάλλεται προς τον προμηθευτή εγκαίρως δηλαδή τουλάχιστον 3 μέρες πριν από την επιθυμητή παραλαβής. Αυτό έχει ως άμεσο επακόλουθο να διευκολύνεται ο σωστός προγραμματισμός και η διεκπεραίωσή της από την πλευρά του παραγωγού έτοιμου σκυροδέματος (Εγχειρίδιο σκυροδέτησης).

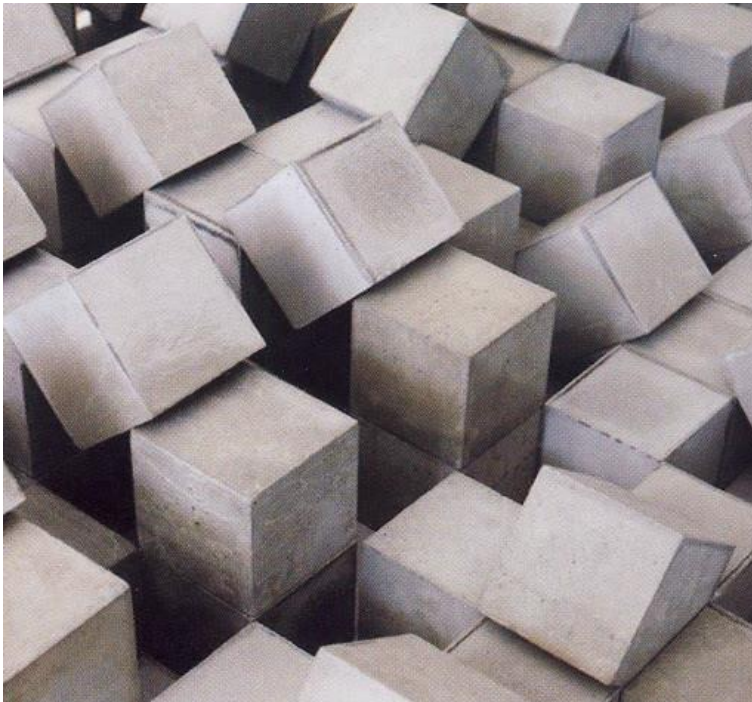
Στην παραγγελία θα πρέπει να καθορίζονται επακριβώς στοιχεία όπως (Εγχειρίδιο σκυροδέτησης):

- Η επιθυμητή ημερομηνία σκυροδέτησης
- Η κατηγορία (ποιότητα) του σκυροδέματος
- Η επιθυμητή (προμετρηθείσα) ποσότητα
- Η απαίτηση για την εργασιμότητα του σκυροδέματος (κατηγορία κάθισης)
- Εάν απαιτείται επιπλέον υπερρρευστοποιητής ή άλλο πρόσθετο
- Η ελάχιστη περιεκτικότητα τσιμέντου
- Ο μέγιστος λόγος νερού/ τσιμέντου
- Η μορφή προδιαγράφεται στο εργοστασιακό
- Ο μέγιστος κόκκος αδρανών
- Σκυρόδεμα επιχρισμένο ή ανεπίχριστο
- Διάστρωση ποσότητας μικρότερης των 20 m³
- Η χρήση αντλίας (ύψος, τύπος ή ειδικά χαρακτηριστικά αυτής)
- Ενδεχόμενες ειδικές απαιτήσεις για το προϊόν λ.χ. σκυρόδεμα ανθεκτικό σε επιφανειακή φθορά ή σε χημικές προσβολές ή εκτεθειμένο σε αέρα κορεσμένο με θαλάσσια άλατα
- Στοιχείο προς σκυροδέτηση (θεμελίωση, κολώνες, τοιχεία, πλάκες)
- Απαιτούμενος ρυθμός τροφοδοσίας του έργου με σκυρόδεμα

Η προετοιμασία του εργοταξίου όπου θα πραγματοποιηθεί η σκυροδέτηση αποτελεί κρίσιμο παράγοντα για την επιτυχία στην εξυπηρέτηση και την συνολική εξέλιξη του έργου. Συγκεκριμένα για την ορθή προεργασία επισημαίνεται μια σειρά σημείων όπως (Εγχειρίδιο σκυροδέτησης):

- Ορθή διαμόρφωση- διάνοιξη του χώρου για προσέγγιση της αντλίας. Πρέπει να εξασφαλίζεται η εύκολη πρόσβαση για την εκφόρτωση του σκυροδέματος με γρήγορο, ομαλό και απρόσκοπτο τρόπο
- Έλεγχος των προσβάσεων και άρση τυχόν εμποδίων (φυσικών ή τεχνητών) για τα αυτοκίνητα βαρέλες. Προσκόμιση τυχόν απαραίτητων αδειών από δήμο, αστυνομία ή άλλο φορέα

- Η αντλία θα πρέπει να εδράζεται σε επίπεδο έδαφος, χωρίς κλίση, σταθερό και όσο το δυνατό χωρίς λάσπες έχοντας απόσταση ασφαλείας από καλώδια της ΔΕΗ
- Έλεγχος για την ευστάθεια των ξυλότυπων και την ορθή τοποθέτηση των ράβδων σιδήρου οπλισμού με σωστές αποστάσεις (μεταξύ ξυλότυπου και οπλισμού) ούτως ώστε να εξασφαλίζεται η ανεμπόδιση διάστρωση του σκυροδέματος και η πλήρης κάλυψη του σιδήρου οπλισμού
- Να γίνεται έλεγχος για την σωστή αρμολόγηση των ξυλότυπων και την καθαρότητα αυτών. Οι ξυλότυποι θα πρέπει να είναι καθαροί και να έχουν διαβραχεί προκειμένου να μην απορροφούν την υγρασία από την μάζα του σκυροδέματος. Έτσι οι επιφάνειες του σκυροδέματος θα είναι λείες απαλλαγμένες από επιφανειακές ασυνέχειες και κακοτεχνίες
- Να υπάρχουν δύο τουλάχιστον κατάλληλοι δονητές ελεγμένοι ως προς την λειτουργία τους για χρήση στην συμπύκνωση του σκυροδέματος
- Να έχει προβλεφθεί και παραγγελθεί σκυρόδεμα με τον κατάλληλο μέγιστο κόκκο, την κατάλληλη εργασιμότητα ή τα απαραίτητα κατά περίπτωση πρόσθετα για θέσεις με μικρή διατομή και πυκνά στοιχεία οπλισμού
- Αν η σκυροδέτηση πρόκειται να συνεχισθεί και σε νυχτερινές ώρες θα πρέπει να εξασφαλίζεται ο κατάλληλος φωτισμός στο έργο και οι απαραίτητες άδειες από την αστυνομία
- Θα πρέπει να υπάρχει ικανός αριθμός καθαρών χυτοσιδήρων μητρών για την λήψη δοκιμών, για τον προσδιορισμό της αντοχής του σκληρυμένου σκυροδέματος καθώς επίσης και κατάλληλα εκπαιδευμένο προσωπικό για την εκτέλεση της δειγματοληψίας
- Θα πρέπει επίσης να έχουν ληφθεί μέτρα προστασίας του σκυροδέματος από καιρικές συνθήκες (ζέστη, κρύο)
- Θα πρέπει να υπάρχει πρόβλεψη για σημεία του εργοταξίου που θα υποδεχθούν τυχόν ξέπλυμα σκυροδέματος



Δοκίμια σκυροδέματος

Αξίζει να τονιστεί ότι η λήψη δοκιμών πριν την διάστρωση είναι μείζονος σημασίας και χρειάζεται να υλοποιούνται τα ακόλουθα (Εγχειρίδιο σκυροδέτησης):

- Το προσωπικό που θα διενεργήσει την δειγματοληψία των δοκιμών πρέπει να είναι κατάλληλα εκπαιδευμένο
- Οι μήτρες που θα χρησιμοποιηθούν για την δειγματοληψία πρέπει να είναι χυτοσιδερές ελεγμένης επιπεδότητας
- Τα δοκίμια που θα χρησιμοποιηθούν θα πρέπει να είναι των ιδίων διαστάσεων για ολόκληρο το έργο
- Ο αριθμός των δοκιμών που προβλέπει ο Κανονισμός Τεχνολογίας Σκυροδέματος είναι 6 ανά ημέρα για ποσότητα σκυροδέματος μέχρι 150 m³ ενώ αυξάνονται σε 12 ανά ημέρα για ποσότητα σκυροδέματος μεγαλύτερη των 150 m³
- Τα δοκίμια λαμβάνονται μόνο από την έξοδο της βαρέλας. Δεν επιτρέπεται η λήψη περισσότερων του ενός δοκιμών από κάθε βαρέλα εκτός αν η διάστρωση απαιτεί λιγότερα αυτοκίνητα. Στην περίπτωση αυτή μεταξύ της λήψης δοκιμών θα πρέπει να μεσολαβεί η εκφόρτωση τουλάχιστον 1 m³
- Σε περίπτωση που χρησιμοποιείται υπερρρευστοποιητικό πρόσθετο (σύμφωνα με την μελέτη σύνθεσης) το δοκίμιο θα λαμβάνεται μετά την προσθήκη του και την πλήρη επανάμιξη του φορτίου στο οποίο προστέθηκε για τουλάχιστον 5 δευτερόλεπτα
- Κάθε μήτρα γεμίζει σε δύο στρώσεις. Η συμπίκνωση στα δοκίμια γίνεται αμέσως μετά την τοποθέτηση του σκυροδέματος στην μήτρα και χωρίς διακοπή μεταξύ των δύο στρώσεων. Μετά την ολοκλήρωση της συμπίκνωσης η επιφάνεια επιπεδοποιείται και τα δοκίμια σημαίνονται με ετικέτες
- Στην λήψη των δοκιμών μπορεί να παρευρίσκεται εξουσιοδοτημένος εκπρόσωπος του προμηθευτή
- Δεν επιτρέπεται λήψη δοκιμών από την έξοδο του σωλήνα της αντλίας σκυροδέματος
- Στο δελτίο αποστολής σημειώνουμε τον αριθμό του δοκιμίου που παίρνουμε και την ώρα λήψης του δοκιμίου και υπογράφει ο οδηγός της βαρέλας
- Τα δοκίμια τοποθετούνται σε χώρο προστατευμένο από ήλιο, βροχή, ψύχος, δονήσεις και μεταφέρονται σε αναγνωρισμένο εργαστήριο για συμβατική συντήρηση σε υγρό θάλαμο μέχρι ηλικίας 28 ημερών πριν από την θραύση τους

Σε ότι αφορά την σωστή διάστρωση του σκυροδέματος, μια εργασία εξαιρετικά κρίσιμη για την αρτιότητα της κατασκευής, θα πρέπει να δίνουμε βάση στα εξής σημεία (Εγχειρίδιο σκυροδέτησης):

- Αν πρόκειται να χρησιμοποιηθεί αντλία το ορθό μέγεθος αυτής (μήκος ιστού) και η ορθή τοποθέτησή της συμβάλλουν καθοριστικά σε μια επιτυχημένη σκυροδέτηση
- Το σκυρόδεμα διαστρώνεται στο έργο με την εργασιμότητα που προβλέπεται στην μελέτη σύνθεσης και η οποιαδήποτε διαφοροποίηση αυτής θα γίνεται αποκλειστικά και μόνο σύμφωνα με τις οδηγίες του επιβλέποντος

- Το σημείο εκφόρτωσης του σκυροδέματος επάνω στον ξυλότυπο πρέπει να είναι κοντά στην θέση διάστρωσής του για να μην υπάρχουν φαινόμενα απόμιξής του και να εξασφαλίζεται η ομοιογένειά του υπό οποιοδήποτε συνθήκες
- Απαγορεύεται η ελεύθερη πτώση του σκυροδέματος από ύψος μεγαλύτερο των 2,5 m για κατακόρυφα δομικά στοιχεία. Στην περίπτωση αυτή πρέπει να χρησιμοποιούνται κατάλληλοι σωλήνες που θα κατεβάζουν το σκυρόδεμα μέχρι την θέση διάστρωσης ή θα ανοίγονται παράθυρα στον ξυλότυπο σε ενδιάμεσα ύψη
- Θα πρέπει να αποφεύγονται μεταφορές με φτυάρια, τσουγκράνες
- Η διάστρωση εκτελείται με επάλληλες στρώσεις μεγίστου πάχους (ύψους) 60 cm. Σε δομικά στοιχεία πάχους όχι μεγαλύτερου των 60 cm η διάστρωση εκτελείται σε μόνο μια στρώση
- Η άνω επιφάνεια κάθε στρώσης πρέπει να είναι οριζόντια. Απαγορεύεται η οριζοντίωση με δονητή
- Η διάστρωση κάθε στρώσης ολοκληρώνεται πριν αρχίσει η πήξη της προηγούμενης
- Αν πρόκειται να διακοπεί η σκυροδέτηση και να συνεχισθεί σε επόμενη φάση δημιουργούνται αρμοί εργασίας, οι οποίοι πρέπει πριν την νέα σκυροδέτηση να καθαρίζονται και να πλένονται σχολαστικά

Αξίζει να σημειωθεί ότι συμπίκνωση είναι η εργασία που ακολουθεί την φάση της διάστρωσης. Με κατάλληλη δόνηση ελαττώνεται το ποσοστό των πόρων στην μάζα του σκυροδέματος με την αποβολή του αέρα που έχει εγκλωβιστεί. Η συμπίκνωση εξασφαλίζει ότι το σκυρόδεμα θα περιβάλλει τον οπλισμό και θα γεμίσει όλο τον χώρο του ξυλότυπου χωρίς να δημιουργηθούν κοιλότητες μέσα στην μάζα του. Με την δόνηση βελτιώνεται ο βαθμός συνάφειας χάλυβα- σκυροδέματος και εξασφαλίζεται η επικάλυψη σιδήρου οπλισμού (Εγχειρίδιο σκυροδέτησης).

Η προφύλαξη του σκυροδέματος μετά την διάστρωση και την συμπίκνωση του από τις επιδράσεις του περιβάλλοντος είναι μια βασική προϋπόθεση για την ανθεκτικότητα της κατασκευής στον χρόνο. Η πήξη και η σκλήρυνση του σκυροδέματος είναι αποτέλεσμα των αντιδράσεων ενυδάτωσης του τσιμέντου (Εγχειρίδιο σκυροδέτησης).

Η συντήρηση του σκυροδέματος στο έργο γίνεται υποχρεωτικά και συνεχώς για 7 ημέρες τουλάχιστον και φθάνει και μέχρι τις 28 ημέρες ανάλογα με τις κλιματολογικές συνθήκες και τις ιδιαιτερότητες κάθε έργου. Η μέθοδος συντήρησης που θα εφαρμοσθεί (διαβροχή, πλημμύρισμα, χρήση λινάτσας ή ψεκασμός με ειδικό υγρό) έχει ως στόχο την παρεμπόδιση της εξάτμισης του νερού από την μάζα του σκυροδέματος κατά την διάρκεια της πήξης του. Το νωπό σκυρόδεμα χρειάζεται προστασία από την υψηλή θερμοκρασία, η οποία επιταχύνει την εξάτμιση του νερού κατά την διάρκεια της πήξης. Οι τάσεις που προκαλούνται από τις συστολές πριν αναπτυχθούν οι τελικές αντοχές δημιουργούν ρηγματώσεις. Συνιστάται κάλυψη του νωπού σκυροδέματος αμέσως μετά την διάστρωσή του με βρεγμένες λινάτσες, φύλλα ούτως ώστε να αποφεύγονται τα παραπάνω φαινόμενα (Εγχειρίδιο σκυροδέτησης).

Οι ξυλότυποι αφαιρούνται ανάλογα με τον τύπο του τσιμέντου που έχει χρησιμοποιηθεί και τα στοιχεία που θα ξεκαλουπωθούν μόνο όταν το σκυρόδεμα έχει αντοχή ικανή να αναλάβει όλα τα φορτία της οικοδομής. Ιδιαίτερη προσοχή χρειάζεται την στιγμή του ξεκαλουπώματος όταν στα στοιχεία στηρίζονται ξυλότυποι υπερκείμενων κατασκευών. Το ξεκαλούπωμα γίνεται

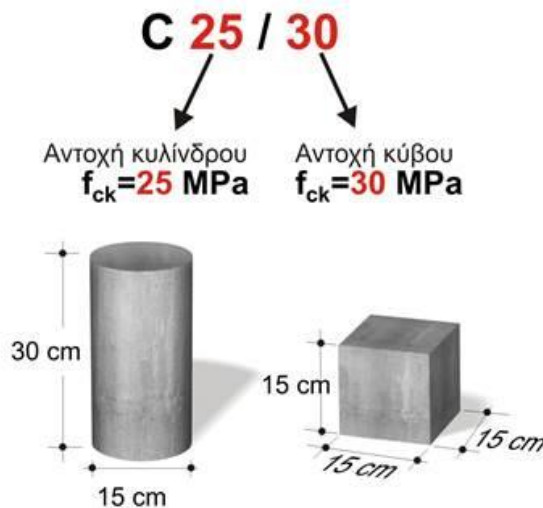
χωρίς χτυπήματα και δονήσεις. Αφαιρούνται πρώτα οι ξυλότυποι των κάθετων στοιχείων και έπειτα αυτοί των οριζόντιων ανάλογα με τον τύπο του τσιμέντου που έχει χρησιμοποιηθεί και την θερμοκρασία του περιβάλλοντος της κατασκευής. Εάν το σκυρόδεμα δεν έχει σκληρυνθεί παρατείνεται ο χρόνος ξεκαλουπώματος (Εγχειρίδιο σκυροδέτησης).

Επιπλέον, η προσθήκη νερού στο σκυρόδεμα έχει τις ακόλουθες επιπτώσεις (Εγχειρίδιο σκυροδέτησης):

- Η αύξηση του νερού στο σκυρόδεμα συνεπάγεται δραματική μείωση της αντοχής του
- Το επιπλέον νερό στην μάζα του σκυροδέματος αυξάνει σημαντικά το πορώδες του με αποτέλεσμα την αύξηση της διαπερατότητάς του και την μείωση της ανθεκτικότητάς του τόσο σε περιβαλλοντικές επιδράσεις όσο και σε δράσεις διαβρωτικών παραγόντων
- Η ποσότητα νερού και τσιμεντόπαστας ανεβαίνει στην επιφάνεια του σκυροδέματος λόγω της μεγάλης ποσότητας νερού στην μάζα του. Αυτό έχει ως άμεσο επακόλουθο η επάνω αυτή στρώση του σκυροδέματος να έχει διαφορετικά μηχανικά χαρακτηριστικά από την μάζα του (μειωμένη αντοχή, αυξημένη διαπερατότητα, μειωμένη αντίσταση σε απότριψη)

2.2 Κατηγορίες

Οι κατηγορίες σκυροδέματος είναι οι ακόλουθες: C12/15 C16/20 C20/25 C25/30 C30/37 C35/45 C40/50 C45/55 C50/60 όπου ο πρώτος αριθμός κάθε κατηγορίας ορίζει την χαρακτηριστική αντοχή κυλίνδρου (f_{ck}), ενώ ο δεύτερος ορίζει την χαρακτηριστική αντοχή κύβου ($f_{ck,cube}$) σε MPa, στις 28 ημέρες (Καρτσάκας,2008).



Δοκίμια σκυροδέματος

Η κατηγορία C12/15 σε οπλισμένο σκυρόδεμα χρησιμοποιείται σε κτίρια με χαμηλές απαιτήσεις πλαστιμότητας (max 3 όροφοι).

Η κατηγορία C16/20 σε οπλισμένο σκυρόδεμα χρησιμοποιείται:

- Σε κτίρια με χαμηλές απαιτήσεις πλαστιμότητας, ανεξαρτήτως του αριθμού των ορόφων.
- Σε κτίρια με αυξημένες απαιτήσεις πλαστιμότητας, (max 3 όροφοι).

Για προεντεταμένο σκυρόδεμα δεν επιτρέπονται οι κατηγορίες C12/15, C16/20 και C20/25.

Κεφάλαιο 3^ο Δομικός χάλυβας

Ο χάλυβας αποτελείται από μεταλλικό σίδηρο (Fe) και μη μεταλλικό άνθρακα (C). Επιπροσθέτως, περιέχει φώσφορο (P), πυρίτιο (Si), θείο (S), χαλκό (Cu), μαγνήσιο (Mg), μαγγάνιο (Mn), νικέλιο (Ni) και χρώμιο (Cr). Ως επακόλουθο, ανάλογα με τα στοιχεία που περιέχει ο χάλυβας και την θερμική του επεξεργασία δημιουργούνται οι εξής κατηγορίες:

- Δομικός Χάλυβας
- Χάλυβας Οπλισμού
- Ανοξειδωτος Χάλυβας
- Χάλυβας εργαλείων
- Πυρίμαχος Χάλυβας
- Χάλυβας κοπής
- Χάλυβας απότμησης
- Απαραμόρφωτος Χάλυβας
- Άλλοι ειδικοί χάλυβες



Χάλυβας οπλισμού

Όταν ένα κατασκευαστικό έργο κατασκευάζεται από χάλυβα με τις κατάλληλες ιδιότητες που χρειάζεται αυτός ο χάλυβας είναι ευρέως γνωστός ως δομικός χάλυβας. Τα ποσοστά συμμετοχής όλων των στοιχείων που αποτελείται ο δομικός χάλυβας είναι σύμφωνα με διεθνή πρότυπα.

Οι βασικές μηχανικές ιδιότητες του χάλυβα οπλισμού που είναι υψίστης σημασίας για την χρήση του σε κατασκευαστικά έργα είναι (Παλούκης&Στρίγγας, 2020):

- Υψηλή αντοχή σε κάμψη, θλίψη, εφελκυσμός
- Οικονομιαυλικού και χώρου λόγω των λεπτών διατομώνμε μικρό ίδιο βάρος
- Μεγάλο μέτρο ελαστικότητας
- Ολκιμότητα, δηλαδή η ιδιότητα του υλικού να μπορεί να υποφέρει εκτεταμένηπαραμόρφωση χωρίς αστοχία κάτω από υψηλές εφελκυστικές τάσεις. Η ολκιμότητα του χάλυβα έχει πλεονεκτήματα, διότι κάτω από δυναμικές καταπονήσεις (λ.χ. σεισμό) ο χάλυβας είναι σε θέση να απορροφάμεγάλα ποσοστά ενέργειας αποτρέποντας έτσι την κατάρρευση του κατασκευαστικού έργου

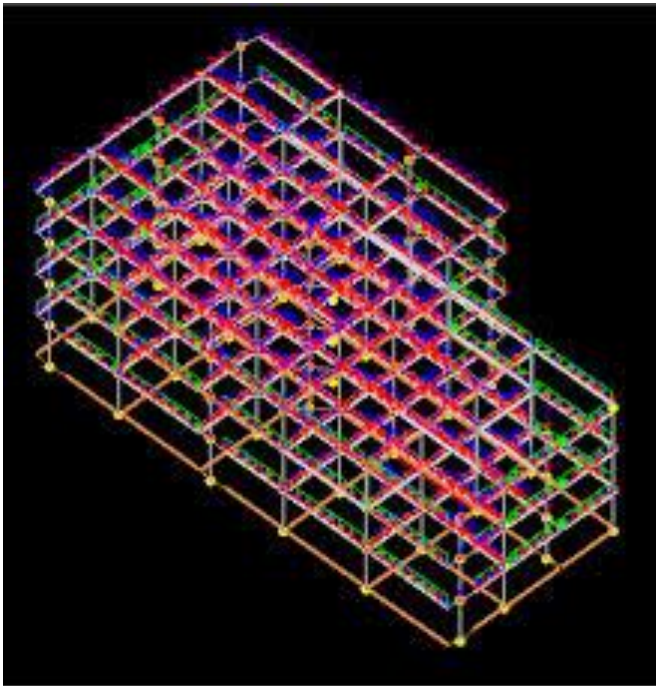
Ενώ οι βασικές μηχανικές ιδιότητες του δομικού χάλυβα είναι:

- Προσθέσεις σε υπάρχουσες κατασκευές μπορούν να γίνουν γρήγορα και εύκολα
- Ταχύτητα ανέγερσης κατασκευών
- Ευκολία προκατασκευής
- Συγκολλητικές ιδιότητες
- Σκληρότητα και αντοχή σε κόπωση
- Δυνατότητα επαναχρησιμοποίησης τμημάτων της κατασκευής όταν αυτή αποσυνδεθεί

Κεφάλαιο 4^ο Στατική ανάλυση

Η στατική ανάλυση χρειάζεται να πληροί την ισορροπία των δυνάμεων και το συμβιβαστό των παραμορφώσεων στους κόμβους.

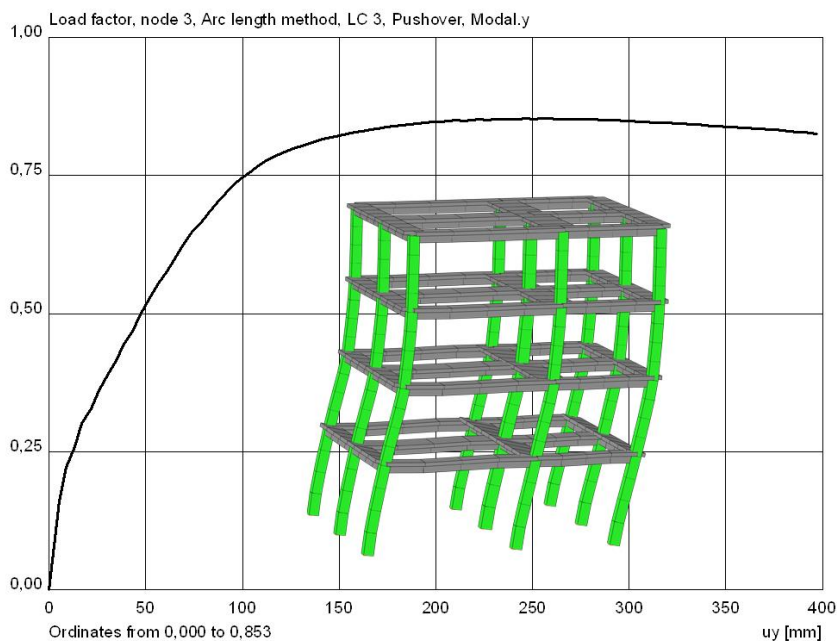
Η αντοχή, η ακαμψία και η ελαστικότητα είναι τρία στοιχεία μείζονος σημασίας αφού ελέγχουν τις μετατοπίσεις, εξαλείφουν βλάβες από χαμηλές σεισμικές εντάσεις και ελέγχουν τον βαθμό που θα επηρεάσουν οι βλάβες το κτίριο (Carvalho, Bento & Bhatt, 2012).



Στατική και αντισεισμική ανάλυση πολυόροφου κτιρίου

4.1 Στατική ανάλυση pushover

Η στατική ανάλυση pushover αποτελεί ένα δημοφιλές εργαλείο για την σεισμική αξιολόγηση της απόδοσης των υφιστάμενων και νέων δομών. Ο σεισμικός σχεδιασμός μπορεί να επιτευχθεί με δύο βήματα. Το πρώτο, και συνήθως το πιο σημαντικό, είναι η δημιουργία ενός αποτελεσματικού δομικού συστήματος που χρειάζεται να διαμορφωθεί λαμβάνοντας υπόψη σημαντικά ζητήματα λειτουργικότητας έως ασφάλεια ζωής και πρόληψη κατάρρευσης. Αυτή η διαδικασία βασίζεται στην κατανόηση της σεισμικής συμπεριφοράς παρά σε αυστηρές μαθηματικές διατυπώσεις. Εμπειρικοί κανόνες για στόχους αντοχής και ακαμψίας, με βάση την θεμελιώδη γνώση της κίνησης του εδάφους και της ελαστικότητας και τα χαρακτηριστικά ανελαστικής δυναμικής απόκρισης επαρκούν για την διαμόρφωση ενός αποτελεσματικού δομικού συστήματος. Τα μαθηματικά/φυσικά μοντέλα χρειάζονται για την αξιολόγηση της σεισμικής απόδοσης ενός υπάρχοντος συστήματος και για την τροποποίηση των χαρακτηριστικών συμπεριφοράς των εξαρτημάτων (αντοχή, ακαμψία, ικανότητα παραμόρφωσης) ούτως ώστε να ανταποκρίνονται στα καθορισμένα κριτήρια απόδοσης. Αυτό αποτελεί το δεύτερο βήμα της διαδικασίας του σεισμικού σχεδιασμού (Krawinkler&Seneviratna, 1998).



Pushover analysis of a reinforced concrete frame

Κύριος στόχος της στατικής ανελαστικής ανάλυσης (pushoveranalysis) είναι ο προσδιορισμός των ανελαστικών παραμορφώσεων που αναπτύσσονται στα δομικά στοιχεία κατά τη σεισμική φόρτιση. Αποτέλεσμα της στατικής ανελαστικής ανάλυσης είναι η καμπύλη αντίστασης ή αλλιώς η καμπύλη pushover από την οποία είναι εμφανής η σχέση δύναμης-μετακίνησης, η οποία συσχετίζει την τέμνουσα της βάσης με τις μετατοπίσεις συγκεκριμένου σημείου ελέγχου της κατασκευής που συνήθως βρίσκεται στη κορυφή του δομήματος. Ο σκοπός

της ανάλυσης pushover είναι να αξιολογήσει την αναμενόμενη απόδοση ενός δομικού συστήματος εκτιμώντας την αντοχή και την παραμόρφωσή του σε σεισμικούς σχεδιασμούς. Αυτή η ανάλυση μπορεί να θεωρηθεί ως μέθοδος για την πρόβλεψη της σεισμικής δύναμης και παραμόρφωσης που αντιπροσωπεύουν κατά προσέγγιση την ανακατανομή των εσωτερικών δυνάμεων που συμβαίνει όταν η κατασκευή υπόκειται σε δυνάμεις αδράνειας και δεν μπορεί πλέον να αντισταθεί εντός του ελαστικού εύρους της δομικής συμπεριφοράς (Krawinkler & Seneviratna, 1998).

Η pushover παρέχει πληροφορίες για πολλά χαρακτηριστικά απόκρισης που δεν μπορούν να ληφθούν από μια ελαστική στατική ανάλυση ή από μια δυναμική ανάλυση. Τα ακόλουθα αποτελούν παραδείγματα τέτοιων χαρακτηριστικών απόκρισης (Krawinkler & Seneviratna, 1998):

- Προσδιορισμός των ασυνεχειών αντοχής καθ' ύψος που θα επιφέρει αλλαγές στα δυναμικά χαρακτηριστικά στο ανελαστικό εύρος
- Επαλήθευση πληρότητας και επάρκειας διαδρομής φορτίου λαμβάνοντας υπόψη όλα τα στοιχεία του δομικού συστήματος, όλες τις συνδέσεις, τα άκαμπτα μη δομικά στοιχεία αντοχής και το σύστημα θεμελίωσης
- Εκτιμήσεις των απαιτήσεων παραμόρφωσης για στοιχεία που πρέπει να παραμορφωθούν ανελαστικά για να εξαλειφθεί η ενέργεια που μεταδίδεται στη δομή από τις κινήσεις του εδάφους

Κεφάλαιο 5^οΘεμελιώσεις

Τα έργα που υλοποιούνται από τους Πολιτικούς Μηχανικούς (κτίρια, γέφυρες, τοίχοι αντιστήριξης, κλπ.) χρειάζεται να εδραστούν στο έδαφος (Καββαδάς, 2006). Η θεμελίωση αποτελεί το υπόγειο μέρος του κατασκευαστικού έργου που μεταφέρει στο έδαφος τα φορτία της ανωδομής. Ένας στόχος μεγίστης σημασίας για τον σχεδιασμό των έργων αυτών είναι η ασφαλής θεμελίωση τους. Η θεμελίωση από την μια πλευρά διασφαλίζει την ευστάθεια του κατασκευαστικού έργου και από την άλλη πλευρά περιορίζει τις παραμορφώσεις του εδάφους σε τέτοιο βαθμό ούτως ώστε να μην προκαλούν προβλήματα και να κάνουν πιο ασφαλή την κατασκευή. Οι καθιζήσεις των γειτονικών σημείων προκαλούν συχνά προβλήματα λειτουργικότητας στην θεμελίωση, διότι δημιουργούν μετακινήσεις του έργου (Μπισκίνης, 2021).

Η ασφάλεια της θεμελίωσης είναι άμεσα συνδεδεμένη με την ακεραιότητα όλου του κατασκευαστικού έργου. Για αυτό τον λόγο η θεμελίωση κρίνεται αναγκαίο να υλοποιείται με ορθό τρόπο. Αξίζει να επισημανθεί ότι οι δυνάμεις που αναπτύσσονται στα στοιχεία θεμελίωσης από την μεταφορά φορτίων της ανωδομής στο έδαφος επηρεάζεται από τα χαρακτηριστικά του εδάφους της θεμελίωσης. Προκειμένου να επιτευχθεί η ασφάλεια του κατασκευαστικού έργου πρέπει τα στοιχεία θεμελίωσης του να σχεδιάζονται συντηρητικότερα από αυτά του δομικού συστήματος (Φαρδής, 2015).

Το είδος του εδάφους, οι απαιτήσεις του προς την θεμελίωση του έργου, οι οικονομικές συνθήκες, ο διαθέσιμος μηχανικός εξοπλισμός και η ικανότητα και η εμπειρία του Μηχανικού είναι κριτήρια που επηρεάζουν την μέθοδο θεμελίωσης (Καββαδάς, 2006).

5.1 Πέδιλα με συνδετήριες δοκούς

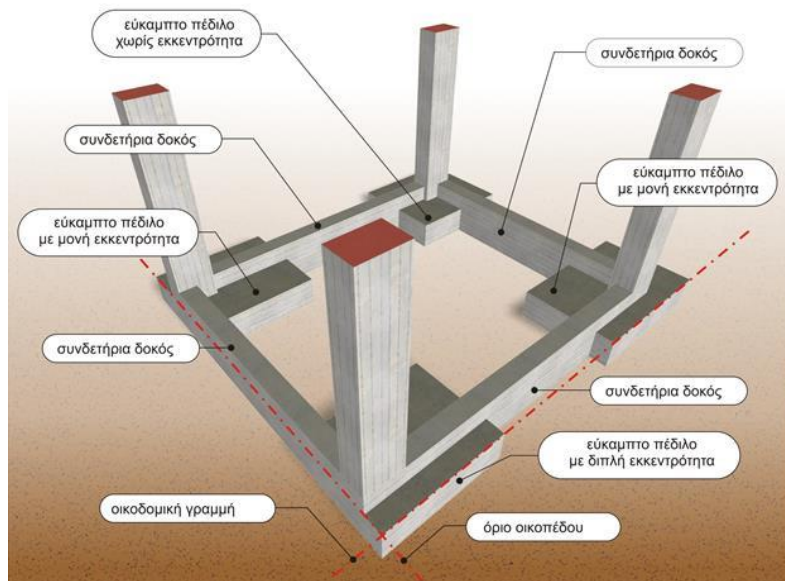
Ο πιο συνηθισμένος τρόπος θεμελίωσης όταν υφίστανται εδαφικές στρώσεις επαρκώς ανθεκτικές και ικανού πάχους, σε μικρό βάθος από την επιφάνεια του εδάφους είναι με μεμονωμένα πέδιλα. Τα μεμονωμένα πέδιλα κατασκευάζονται συνήθως κεντρικά και οι διαστάσεις της διατομής του υποστυλώματος είναι παρόμοιες σε μέγεθος, τετράγωνα σε κάτοψη. Σε περίπτωση που οι διαστάσεις διατομής του κατακόρυφου στοιχείου είναι πολύ διαφορετικές μεταξύ τους ή σε περίπτωση που η ροπή σχεδιασμού ως προς τον ένα οριζόντιο τοπικό άξονα είναι πολύ μεγαλύτερη απ' αυτήν ως προς τον άλλο, τότε το πέδιλο κατασκευάζεται ορθογωνικό σε κάτοψη, με τη μεγάλη του διάσταση παράλληλη στη μεγάλη διάσταση της διατομής του κατακόρυφου στοιχείου, ή κάθετη στο διάνυσμα της μεγαλύτερης από τις δύο ροπές, αντίστοιχα. Οι ροπές των κατακόρυφων στοιχείων προέρχονται κυρίως από οριζόντιες δράσεις (σεισμό, άνεμο) που έχουν εναλλασσόμενο πρόσημο. Μόνο ανοι ροπές κάμψης που αναπτύσσονται στα κατακόρυφα στοιχεία από τις μόνιμες δράσεις και τα ωφέλιμα φορτία χρήσης είναι παρόμοιες σε μέγεθος ή μεγαλύτερες από τις λόγω οριζοντίων δράσεων, συμφέρει από στατικής απόψεως η κατασκευή του πέδιλου έκκεντρου (Φαρδής, 2015).

Σε περίπτωση που το έδαφος θεμελίωσης έχει ικανοποιητική αντοχή, η μεταφορά μπορεί να γίνει με δια πλάτυνση του κατακόρυφου στοιχείου στην βάση του. Στόχος είναι η τάση θλίψης στην επιφάνεια επαφής με το έδαφος να μειωθεί σε τιμή που να είναι σε θέση να αναληφθεί από το έδαφος με ασφάλεια (Μπισκίνης, 2021).

Η μεταφορά των φορτίων της κατασκευής στο έδαφος γίνεται με διεύρυνση της βάσης των φερόντων στοιχείων προκειμένου οι τάσεις στα στοιχεία αυτά να ελαχιστοποιηθούν σε τέτοιο βαθμό που να επιτρέπεται η παράληψη τους από το έδαφος θεμελίωσης. Αυτός ο τρόπος θεμελίωσης προαπαιτεί ότι τα φέροντα στοιχεία της κατασκευής είναι σε θέση να επωμιστούν μεγαλύτερες τάσεις από το έδαφος θεμελίωσης (Καββαδάς, 2006).

Τα μεμονωμένα πέδιλα πρέπει να αλληλοσυνδέονται με συνδετήριες δοκούς προκειμένου να μειωθούν οι διαφορικές καθιζήσεις μεταξύ των μεμονωμένων στοιχείων θεμελίωσης και να εξασφαλισθεί η συνεργασία τους κατά τη μεταφορά στο έδαφος οριζόντιων δυνάμεων και ροπών λόγω οριζοντίων δράσεων. Οι συνδετήριες δοκοί έχουν συνήθως ορθογωνική διατομή και συνδέονται με τα μεμονωμένα στοιχεία θεμελίωσης λίγο πάνω από τη στάθμη της βάσης των τελευταίων (Φαρδής, 2015).

Η σύνδεση πεδίων σε μεσοτοιχία κρίνεται αναγκαία που υποχρεωτικά κατασκευάζονται πολύ έκκεντρα. Στην περίπτωση αυτή η δυσκαμψία των εγκάρσιων στη μεσοτοιχία συνδετήριων δοκών μειώνει την στροφή του πεδίου λόγω εκκεντρότητας δημιουργώντας σε αυτό ροπή με φορά αντίθετη σε αυτή που αναπτύσσει το κατακόρυφο φορτίο ως προς το κέντρο βάρους του πεδίου (Μπισκίνης, 2021).



Εικόνα 1: Θεμελίωση με συνδετήριες δοκούς

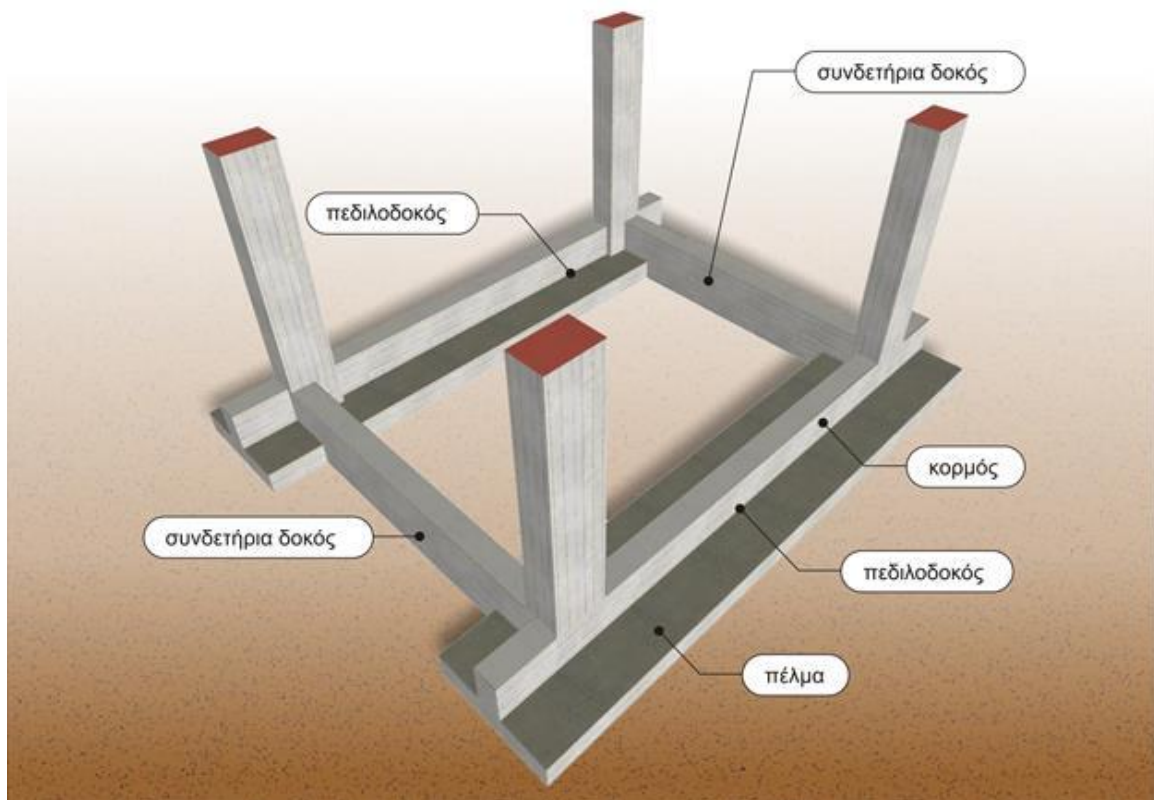
5.2 Εσχάρα θεμελίωσης / Πεδιλοδοκάρια

Σύμφωνα με την θεμελίωση με πεδιλοδοκούς, τα υποστυλώματα που αποτελούν μέρος του ίδιου άξονα στηρίζονται πάνω σε ενιαίο επίμηκες πέδιλο που έχει τη μορφή και τη στατική λειτουργία καμπτόμενης δοκού. Ως επί τω πλείστον οι πεδιλοδοκοί διατάσσονται σε δύο κάθετους άξονες και αλληλοσυνδέονται(εσχάρα πεδιλοδοκών). (Καββαδάς, 2006).

Όταν οι καθιζήσεις είναι μεγαλύτερες από τις επιτρεπόμενες για τα μεμονωμένα πέδιλα συνδέονται με υποστυλώματα με θεμελιοδοκούς για να αυξηθεί η δυσκαμψία της θεμελίωσης. Τότε η ανωδομή μετακινείται σαν απόλυτα στερεό σώμα που έχει ως αποτέλεσμα την μείωση των διαφορικών καθιζήσεων κάτω από κάθε υποστύλωμα. Οι θεμελιοδοκοί υπολογίζονται σαν δοκοί με φορτίο της τάσης του εδάφους και με στηρίξεις στις θέσεις των υποστυλωμάτων (Κωνσταντινίδης, 1978).

Σε περίπτωση που τα κατακόρυφα φορτία είναι μεγάλου μεγέθους, οι απαιτούμενες επιφάνειες κάτοψης των πέδινων δύναται να είναι τόσο μεγάλες που τα γειτονικά πέδιλα να συγκλίνουν μεταξύ τους ή και να εφάπτονται. Ως επακόλουθο, η μέθοδος θεμελίωσης που χρησιμοποιείται είναι οι πεδιλοδοκοί, οι οποίες μεταβιβάζουν στο έδαφος τα φορτία άνω των δύο υποστυλωμάτων. Η πεδιλοδοκός είναι ένα γραμμικό μέλος σταθερής διατομής, που φορτίζεται στο πάνω πέλμα με τα συγκεντρωμένα φορτία των υποστυλωμάτων ενώ στο κάτω με την ανομοιόμορφα κατανεμημένη αντίδραση του εδάφους. Με την από κοινού θεμελίωση υποστυλωμάτων μέσα από μια δύσκαμπτη πεδιλοδοκού ελαχιστοποιούνται οι διαφορικές τους καθιζήσεις. Όπως οι συνδετήριες δοκοί κατασκευάζονται και στις δυο κύριες διευθύνσεις της κατασκευής με στόχο την πιο αποτελεσματική σύνδεση των πέδινων, έτσι και οι πεδιλοδοκοί κατασκευάζονται πολλές φορές διασταυρούμενες στις θέσεις των υποστυλωμάτων, δηλ. με τη μορφή εσχάρας πεδιλοδοκών. Σε περίπτωση που μια σειρά υποστυλωμάτων μεσοτοιχίας θεμελιωθούν με πεδιλοδοκό που εφάπτεται της μεσοτοιχίας, η εκκεντρότητα μεταξύ αξόνων υποστυλωμάτων και κεντροβαρικής γραμμής της επιφάνειας επαφής με το έδαφος μειώνεται. Για αυτό τον λόγο οι πεδιλοδοκοί είναι χρήσιμοι για την θεμελίωση υποστυλωμάτων μεσοτοιχίας (Φαρδής, 2015).

Οι πεδילוδοκοί έχουν συνήθεις διατομές πέλματος: ύψος(h_w)40 -60 cm, πλάτος(b)100 - 250 cm και συνήθεις διατομές κορμού($b_w \times h$): 30x80cm έως 50x150cm. Ο οπλισμός πέλματος ακολουθεί την λογική των μεμονωμένων πέλων με τη μία όμως διάσταση πολύ μεγαλύτερη από την άλλη ενώ ο οπλισμός του κορμού ακολουθεί την λογική των συνδετήριων δοκών (Μπισκίνης, 2021).



Εικόνα 2: Θεμελίωση με πεδילוδοκάρια

5.3 Γενική Κοιτόστρωση

Όταν το έδαφος είναι χαλαρό, τα φορτία των υποστυλωμάτων μεγάλα και οι αποστάσεις μεταξύ τους μικρές χρησιμοποιείται ενιαία πλάκα θεμελίωσης (γενική κοιτόστρωση) ούτως ώστε η κατανομή των τάσεων να είναι σχετικά ομοιόμορφη για να γίνεται σε όσο το δυνατό μεγαλύτερη επιφάνεια (Κωνσταντινίδης, 1978).

Η στατική μορφή αυτής της θεμελίωσης είναι η εύκαμπτη πλάκα που στηρίζεται στον ελαστικό ισότροπο ημίχωρο. Η ορθή επίλυση είναι πολύ δύσκολη και στηρίζεται σε απλοποιημένες παραδοχές που δίνουν λύσεις μόνο με την βοήθεια ηλεκτρονικού υπολογιστή. Στα συνηθισμένα προβλήματα θεμελίωσης με γενική κοιτόστρωση μπορεί να δοθεί μια προσεγγιστική λύση χωρίζοντας την κοιτόστρωση σε ζώνες και προς τις δύο διευθύνσεις και επιλύοντας κάθε μια ζώνη σαν μια μεμονωμένη θεμελιοδοκό. Οι επιλύσεις αυτές δίνουν τόσο πιο ικανοποιητικά αποτελέσματα όσο πιο συμμετρικός είναι ο κάρναβος των υποστυλωμάτων και όσο μικρότερες είναι οι αποστάσεις μεταξύ των υποστυλωμάτων (Κωνσταντινίδης, 1978).

Η κοιτόστρωση με συνδετήριες δοκούς είναι η στατική μορφή της θεμελίωσης με γενική κοιτόστρωση. Η στατική μορφή αυτής της θεμελίωσης είναι πιο συγκεκριμένη. Όταν η ροπή αδράνειας των συνδετήριων δοκών είναι μεγάλη μπορούν να θεωρηθούν ανυποχώρητες στηρίξεις πάνω στις οποίες εδράζεται η πλάκα της κοιτόστρωσης με φόρτιση ίση με την τάση εδάφους θεωρουμένης ομοιόμορφης. Αν υπάρχουν μεγάλα ανοίγματα δοκών ή οι δοκοί έχουν μικρή ακαμψία πρέπει να λαμβάνεται υπ' όψη η ελαστική υποχώρηση των δοκών με κύρια συνέπια την αύξηση των ροπών των ανοιγμάτων των πλακών. Οι συνδετήριες δοκοί υπολογίζονται σαν μεμονωμένες πεδιλοδοκοί με διατομή πλακοδοκού και πλάτος ίσο με το πλάτος της ζώνης (Κωνσταντινίδης, 1978).

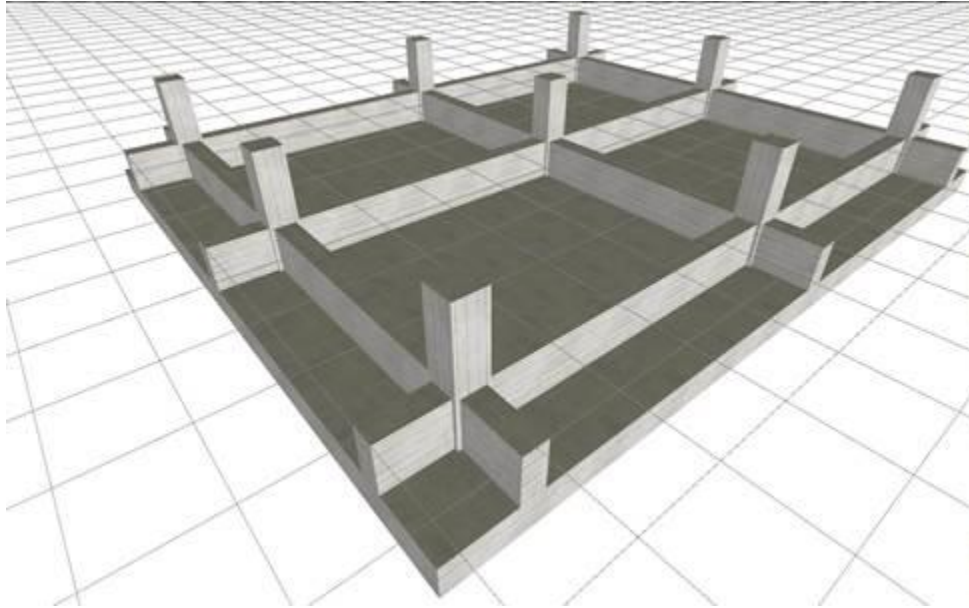
Ακολούθως δίνονται κάποιες κατασκευαστικές οδηγίες που αφορούν την θεμελίωση με γενική κοιτόστρωση (Κωνσταντινίδης, 1978):

- Όταν η επίλυση της γενικής κοιτόστρωσης γίνεται προσεγγιστικά πρέπει να λαμβάνονται μεγάλες ανοχές στα εντατικά μεγέθη και μάλιστα τόσο μεγαλύτερες όσο ανομοιόμορφος είναι ο κάρναβος και τα φορτία των υποστυλωμάτων.
- Συνήθως απαιτείται η κατασκευή δαπέδου εργασίας, όταν το έδαφος είναι υγρό, από σκυρόδεμα πάχους περίπου 10 cm που θα επιτρέψει την καλή τοποθέτηση του οπλισμού και που εν συνεχεία θα είναι η επικάλυψη του οπλισμού.
- Συνίσταται η χρήση ενός ελάχιστου διπλού οπλισμού πάνω και κάτω που στην περίπτωση της ενιαίας πλάκας θεμελίωσης μπορεί να έχει την μορφή πλέγματος.

Σε περίπτωση που τα φορτία της ανωδομής είναι μεγάλα τότε η απαιτούμενη επιφάνεια κάτοψης των πεδιλοδοκών ή του συστήματος πέδιλα-συνδετήριες δοκοί είναι μεγάλο ποσοστό της επιφάνειας κάτοψης του κατασκευαστικού έργου. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα η θεμελίωση με γενική κοιτόστρωση να είναι πιο οικονομική. Η γενική κοιτόστρωση είναι μια συμπαγής πλάκα από οπλισμένο σκυρόδεμα που καλύπτει την επιφάνεια κάτοψης της θεμελίωσης. Η γενική κοιτόστρωση σαν μια ανεστραμμένη πλάκα ανωδομής, με ή χωρίς δοκούς, που φορτίζεται από κάτω με την ανομοιόμορφη πίεση του εδάφους. Σε περίπτωση που ο υπόγειος ορίζοντας είναι πάνω από τη στάθμη θεμελίωσης, η γενική κοιτόστρωση είναι χρήσιμη για τη στεγανότητα του υπογείου. Η γενική κοιτόστρωση είναι μία συμπαγής πλάκα από οπλισμένο σκυρόδεμα που καλύπτει ολόκληρη την επιφάνεια κάτοψης της θεμελίωσης. Το συνηθισμένο ύψος μιας

κοιτόστρωσης κυμαίνεται από 40 έως 100 c, ενώ οι διαστάσεις των δοκών (αν υπάρχουν) από 30x80 έως 50x200 cm(Φαρδής, 2015).

Σύμφωνα με την θεμελίωση με γενική κοιτόστρωση, ταυποστυλωμάτα της κατασκευής στηρίζονται πάνω σε ενιαίο φορέα με άμεσο επακόλουθο να έχει τη μορφή, αλλά και τη στατική λειτουργία καμπτόμενης πλάκας (Καββαδάς, 2006).



Εικόνα 3: Θεμελίωση με γενική κοιτόστρωση

Κεφάλαιο 6^ο Λογισμικό Fespa



FespaSoftware

Το Fespa είναι ένα στατικό πρόγραμμα που χρησιμοποιείται για την διαστασιολόγηση, την ανάλυση, τον έλεγχο, την απεικόνιση, και την σχεδίαση των δομημάτων των τριών διαστάσεων (x,y,z), σύμφωνα με τους Ευρωκώδικες και το ισχύον νομοθετικό πλαίσιο της εκάστοτε χώρας (Παλούκης&Στρίγγας, 2020).

Το Fespa βασίζεται στις αρχές του ελεύθερου σχεδιασμού, πλήρως εκμεταλλευόμενο τις δυνατότητες των Microsoft Windows, για τα οποία είναι γραμμένο. Με την βοήθεια του μπορούμε να δημιουργήσουμε το προσομοίωμα της κατασκευής μας, να το ελέγξουμε γραφικά, να το αναλύσουμε, να το οπλίσουμε, να επιθεωρήσουμε τα αποτελέσματα, να δημιουργήσουμε τα τεύχη υπολογισμών και τα σχέδια μιας κατασκευής, και όλα αυτά μέσα στο ίδιο σύστημα και με όμοια λογική. Με ενεργή βάση δεδομένων στο κέντρο του το Fespa ελέγχει και διαχειρίζεται όλες αυτές τις διαδικασίες (Fespa, 2013).

Το Fespa καλύπτει όλες τις φάσεις της στατικής μελέτης από την ανάλυση και την διαστασιολόγηση του φορέα μέχρι την παραγωγή αναλυτικού τεύχους μελέτης και κατασκευαστικών σχεδίων. Μετά την ολοκλήρωση όλων των υπολογισμών, δημιουργούνται αυτόματα τα σχέδια ξυλότυπων για κάθε όροφο, αλλά και λεπτομέρειες υποστυλωμάτων & αναπτύγματα οπλισμών δοκών. Όσον αφορά την ανάλυση και τον αντισεισμικό σχεδιασμό, το Fespa καλύπτει ένα ευρύτατο φάσμα οφελών, συμβάλλοντας έτσι στη δημιουργία μιας νέας εποχής στον τομέα της υπολογιστικής ανάλυσης υπό την πρόκληση των συνεχώς εξελισσόμενων προτύπων σχεδιασμού (Fespa, 2013).

Το αρχιτεκτονικό και στατικό πρόγραμμα FespaTekton είναι εύχρηστο περιβάλλον εργασίας, παρέχει δυνατότητες μοντελοποίησης και ανάλυσης, παρέχει αυτόματη παραγωγή τόμων με αρχιτεκτονικά και στατικά στοιχεία και τέλος προσφέρει ευρύ φάσμα αρχιτεκτονικών και στατικών δυνατοτήτων σχεδιασμού. Ο μελετητής χρησιμοποιεί ένα πρόγραμμα για όλες τις φάσεις της μελέτης και έχοντας στη διάθεσή του τα κατάλληλα εργαλεία που βρίσκονται σε μία οθόνη δίνει την αρχιτεκτονική του λύση, συμπληρώνει με το στατικό μοντέλο, επιλύει το φορέα

και κατασκευάζει όλα τα αναγκαία σχέδια, από το τοπογραφικό μέχρι τις λεπτομέρειες οπλισμών. Περνώντας από την πρώτη φάση της μελέτης στην τελευταία ο μελετητής δεν αλλάζει ούτε πρόγραμμα ούτε οθόνη. Ακολουθείται μια πορεία εργασίας, χωρίς ανάγκη για εναλλαγές αρχείων μεταξύ διαφορετικών προγραμμάτων, που μπορεί να έχει ως αποτέλεσμα την εξοικονόμηση χρόνου (Fespa, 2013).

Το πρόγραμμα είναι βασισμένο στη λογική των «Οντοτήτων» ή (Αντικειμένων, Objects). Αυτό σημαίνει ότι το μοντέλο του φορέα αποτελείται από οντότητες όπως οι πλάκες, οι δοκοί και τα υποστυλώματα. Στις οντότητες μπορούμε να καθορίσουμε τα γεωμετρικά τους στοιχεία, την ποιότητα του σκυροδέματος που αποτελούνται, τους οπλισμούς που διαθέτουν και οτιδήποτε παράμετρο μας ενδιαφέρει. Επιπροσθέτως το πρόγραμμα Fespa παρέχει την ευκαιρία για την δημιουργία προσομοιώματος της κατασκευής, τον σταδιακό έλεγχο του γραφικά, την ανάλυση, την όπλιση, την επιθεώρηση των αποτελεσμάτων και την δημιουργία τεύχους υπολογισμών (Λάζαρης, 2015).

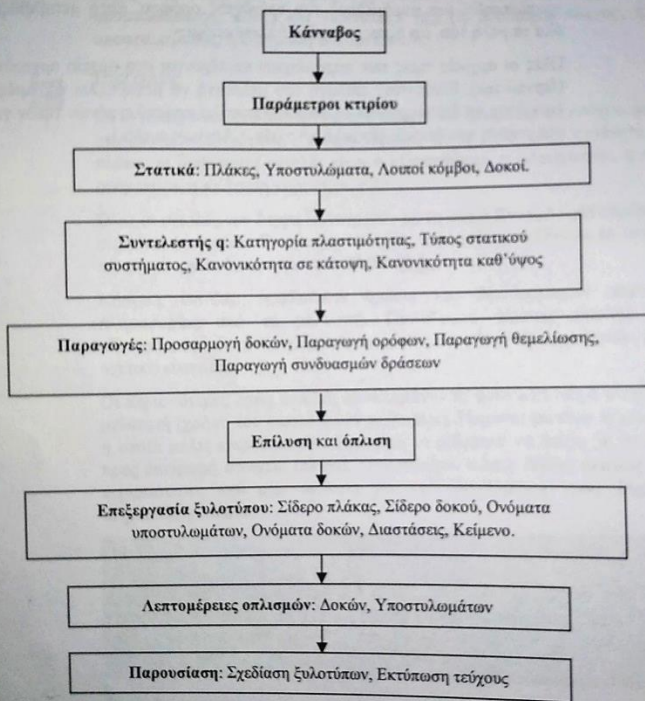
Το πρόγραμμα είναι βασισμένο στη λογική των «Οντοτήτων» όπως έχει ήδη ειπωθεί. Κάθε μια από αυτές τις «οντότητες» έχει το δικό της σύνολο από «παραμέτρους» (λόγου χάρι το πάχος της πλάκας, το ύψος της δοκού, η ποιότητα του σκυροδέματος του υποστυλώματος) και «εντολές» (λόγου χάρι η προσθήκη πλάκας, η κίνηση υποστυλώματος, η διαγραφή δοκού).

Οι εντολές είναι οι λειτουργίες που μπορεί να εκτελέσει το πρόγραμμα για την συγκεκριμένη οντότητα. Για παράδειγμα αν η επιλεγμένη οντότητα είναι η πλάκα, οι διαθέσιμες εντολές είναι η «προσθήκη», η «διαγραφή», η «αλλαγή ονόματος», η «κίνηση κορυφής». Όλες οι εντολές του Fespa λειτουργούν με την σειρά εντολή – αντικείμενο που σημαίνει ότι πρώτα δίνεται η εντολή και ακολούθως επιλέγεται το αντικείμενο πάνω στο οποίο θα εφαρμοστεί. Κάποιες εντολές εκτελούνται άμεσα και δεν απαιτούν περισσότερες πληροφορίες από τον μελετητή. Παράδειγμα τέτοιας εντολής είναι η «προσαρμογή δοκών» η οποία απαιτεί ένα και μόνο κλικ του mouse πάνω στο σχετικό εικονίδιο. Οι περισσότερες όμως εντολές ολοκληρώνονται μετά από σειρά ενεργειών του μελετητή (χρήση του mouse των πλήκτρων). Παράδειγμα είναι η «διαγραφή» η οποία μόλις ενεργοποιηθεί ζητά από τον μελετητή να δείξει με το mouse προς διαγραφή στοιχείο. Άλλες εντολές απαιτούν περισσότερες από μια κινήσεις για την ολοκλήρωση τους όπως για παράδειγμα η «προσθήκη δοκού» (Fespa, 2013).

Οι παράμετροι είναι οι ιδιότητες που χαρακτηρίζουν κάθε οντότητα ή καθορίζουν την εμφάνιση της. Για παράδειγμα για την πλάκα μερικές παράμετροι είναι ο «τύπος», το «πάχος», το «κινητό φορτίο», η «ποιότητα μπετόν», το «χρώμα περιγράμματος», η «πένα». Με τις εντολές «παραμέτρους» και «δώσε παραμέτρους» ελέγχονται ή και τροποποιούνται οι παράμετροι κάθε οντότητας. Επίσης οι παράμετροι λειτουργούν κληρονομικά με την εξής σειρά: Κτίριο > Όροφοι > Μέλη. Αυτό σημαίνει ότι κάθε μεταβολή παραμέτρων της οντότητας «κτίριο» μεταβιβάζεται σε όλα τα μέλη όλων των ορόφων. Αντίστοιχα όταν τροποποιηθεί μια παράμετρος του τρέχοντος ορόφου, αυτή μεταβιβάζεται σε όλα τα μέλη του, όχι όμως στα μέλη άλλων ορόφων. Όλες οι αρχικές τιμές των παραμέτρων περιέχονται στο αρχείο αρχικών τιμών. Είναι στην επιλογή του μελετητή να μεταβάλει τις τιμές αυτές, έτσι ώστε να δημιουργήσει το δικό του σύνολο προεπιλεγμένων τιμών για κάθε νέα μελέτη που ξεκινά (Fespa, 2013).

1.3 Τα βήματα για την ολοκλήρωση μιας μελέτης

Όλη η διαδικασία εισαγωγής και επεξεργασίας δεδομένων, επίλυσης, όπλισης, αλλαγών και σχεδίασης γίνεται μέσα στο ενοποιημένο περιβάλλον εργασίας του προγράμματος. Η πορεία εργασίας συνοψίζεται στην Εικόνα 1.1.



Εικόνα 1.1: Συνοπτική πορεία εργασίας στο Fespa

Εικόνα 4: Τα βήματα για την ολοκλήρωση μιας μελέτης

Πιο αναλυτικά τα βήματα για την ολοκλήρωση μιας μελέτης είναι τα ακόλουθα (Fespa, 2013):

- Δημιουργία καννάβου του σχεδίου

Ο κάνναβος είναι ένα πλέγμα γραμμών με διακριτά και ενεργά τα σημεία τομής τους που καλούνται σημεία έλξης του. Διευκολύνει την ακριβή εισαγωγή δεδομένων, διότι οι κορυφές των πλακών, οι κορυφές των υποστυλωμάτων και οι λοιποί κόμβοι έλκονται κατά την περιγραφή ή κίνηση τους από τα σημεία έλξης.

- Γενικές παράμετροι του κτιρίου

Κτίριο: Εδώ δίνονται τα χαρακτηριστικά στοιχεία και οι ποιότητες των υλικών που θα χρησιμοποιηθούν στην κατασκευή, οι παράμετροι του φάσματος σχεδιασμού για την εφαρμογή του αντισεισμικού κανονισμού (ζώνη, σπουδαιότητα) αλλά και για τα χαρακτηριστικά του εδάφους.

Όροφος: Μπορούμε να αλλάξουμε τις τιμές που αφορούν συγκεκριμένο όροφο (αυτόν που είναι τρέχων στην οθόνη) χωρίς να επηρεάζονται οι αντίστοιχες τιμές άλλων ορόφων.

- Στατικά – Περιγραφή προσομοιώματος κτιρίου

Πλάκες: Έχουμε την δυνατότητα να περιγράψουμε πλάκες τετραέρειστες, αμφιέρειστες, τριέρειστες, διέρειστες και προβόλους. Από την επιλογή πλάκα – προσθήκη με επόμενο όνομα δημιουργούμε τις πλάκες του κάθε ορόφου. Μπορούμε από τις ομάδες παραμέτρων διατομή και φορτία να τροποποιήσουμε για την κάθε πλάκα τα αντίστοιχα στοιχεία.

Υποστύλωμα: Χρησιμοποιώντας την προσθήκη με επόμενο όνομα τοποθετούμε τα υποστυλώματα του ορόφου. Από την ενότητα διατομές των παραμέτρων του προσδιορίζουμε την διατομή που θέλουμε για κάθε υποστύλωμα.

- Λοιποί κόμβοι

Τοποθετούμε τους λοιπούς κόμβους επιλέγοντας από την εργαλειοθήκη λοιπός κόμβος – προσθήκη με επόμενο όνομα στις επιθυμητές θέσεις που συνήθως είναι σημεία καννάβου. Οι λοιποί κόμβοι χρειάζονται σε σημεία διασταύρωσης δοκών (χωρίς να υπάρχει υποστύλωμα στο σημείο διασταύρωσης) σε σημεία αλλαγής φορτίων δοκού, σε σημεία εφαρμογής συγκεντρωμένων φορτίων, ή εκεί που θα τοποθετήσουμε φυτευτά υποστυλώματα. Αν στην κάτοψη υπάρχουν τοιχώματα τότε περνάμε και από την επιλογή κόμβοι τοιχώματος για να τοποθετήσουμε τους λοιπούς κόμβους στα άκρα των τοιχωμάτων.

- Δοκοί

Με την επιλογή δοκός – έξυπνη εισαγωγή περιγράφουμε τις δοκούς του ορόφου μας και από την ενότητα διατομές των παραμέτρων επιλέγουμε την κατάλληλη διατομή για κάθε δοκό. Οι δοκοί διακρίνονται σε σχεδιαστικές (αυτές που θα τυπωθούν στο σχέδιο του ξυλότυπου) και στατικές (αυτές του χωρικού προσομοιώματος). Παρεμβαίνοντας στα «διαφανή» ή τις επιλογές μοντέλο και ξυλότυπος, μπορούμε να εμφανίσουμε στην οθόνη τις μεν ή και τις δε. Η διάκριση σε στατική και σχεδιαστική δοκό εξυπηρετεί αποκλειστικά και μόνο την απεικόνιση και σχεδίαση του φορέα. Για το πρόγραμμα δεν υπάρχουν δύο κατηγορίες δοκών.

- Φύλαξη αρχείου

Με αυτήν την εντολή της κεντρικής εργαλειοθήκης σώζουμε στον δίσκο το αρχείο της μελέτης. Αν είναι η πρώτη φορά που εκτελείται η εντολή το πρόγραμμα ζητά το όνομα καθώς και τον κατάλογο μέσα στον οποίο θα σωθεί το αρχείο.

- Παραγωγές

Προσαρμογή δοκών: Η εντολή αυτή επιλέγεται αφού έχουν περιγραφεί οι πλάκες αλλά και η συνδεσμολογία των δοκών και σκοπό έχει να χρεώσει στην κάθε δοκό τις κατάλληλες πλάκες. Η χρέωση αυτή γίνεται αφενός για να υπολογιστεί το συνεργαζόμενο πλάτος και να αποκτήσει κάθε δοκός τα ορθά φορτία από την επίλυση των πλακών και αφετέρου για την ορθή σχεδίαση του περιγράμματος των πλακών. Τέλος εκτελούμε την εντολή «προσαρμογή δοκών – υποστυλωμάτων» ούτως ώστε το πρόγραμμα αυτόματα να μεταβάλλει το μήκος όλων των σχεδιαστικών δοκών του ορόφου προκειμένου αυτές να εφάπτονται με τα υποστυλώματα στα οποία συντρέχουν και να σχεδιάζονται σωστά στον ξυλότυπο. Επίσης υπολογίζει και

επανασχεδιάζει στις σωστές θέσεις τα μήκη των άκαμπτων απολήξεων όλων των δοκών του ορόφου.

Παραγωγή ορόφων: Χρησιμοποιούμε την επιλογή «παραγωγές- παραγωγή ορόφου» για να κάνουμε παραγωγή των ανώτερων ορόφων. Έπειτα περνάμε σε κάθε όροφο (με κλικ στους αντίστοιχους σελιδοδείκτες) για να κάνουμε, αν χρειάζονται, τροποποιήσεις.

Μια πρώτη επίλυση: Επιλέγουμε την «επίλυση- επίλυση κτιρίου» ούτως ώστε να υπολογιστούν τα φορτία των υποστυλωμάτων του χωρικού πλαισίου.

Παραγωγή θεμελίωσης: Από την κεντρική εργαλειοθήκη διαλέγουμε παραγωγές και δίνουμε την εντολή παραγωγές πεδίων.

Πέδιλα: Δίνουμε τις εκκεντρότητες, αν υπάρχουν, των πεδίων από τις παραμέτρους του πεδίου της κεντρικής εργαλειοθήκης.

Συνδετήριες δοκοί: Διαμορφώνουμε τις συνδετήριες δοκούς της θεμελίωσης από την εντολή δοκός και την επιλογή διατομή των παραμέτρων.

Διαστασιολόγηση πεδίων: Έχοντας κάνει μια πρώτη επίλυση ζητάμε από την επιλογή παραγωγές την διαστασιολόγηση πεδίων βάσει των δεδομένων της επίλυσης. Το πρόγραμμα έχει από την επίλυση πλήρως καθορισμένα τα στοιχεία που χρειάζεται προκειμένου να διαστασιολογήσει τα πέδιλα ώστε να μην δημιουργείται υπέρβαση της επιτρεπόμενης τάσης του εδάφους, αλλά και να προκαλούνται περίπου ίσες βυθίσεις σε αυτά.

Χρήση των πινάκων: Με το πλήκτρο πίνακες της κεντρικής εργαλειοθήκης το πρόγραμμα μεταβαίνει στην λειτουργία απεικόνισης των δεδομένων του χωρικού προσομοιώματος σε μορφή πινάκων. Από εδώ μπορούμε να δούμε ομαδοποιημένες ανά όροφο όλες τις παραμέτρους των μελών του φορέα (πλακών, υποστυλωμάτων, κόμβων, δοκών, στηρίξεων) και να κάνουμε έλεγχο ή και αλλαγές στις τιμές τους πριν την επίλυση/ όπλιση.

- Επίλυση/ όπλιση και έλεγχος του φορέα

Επίλυση: Από την επίλυση ζητάμε πρώτα την επίλυση πλακών και ακολούθως την επίλυση χωρικού προσομοιώματος ή ζητάμε απευθείας την επίλυση κτιρίου, η οποία θα κάνει πρώτα επίλυση πλακών και αμέσως μετά επίλυση χωρικού προσομοιώματος.

Γράφημα φορέα: Από την κεντρική εργαλειοθήκη διαλέγουμε το γράφημα φορέα (3DV) οπότε το πρόγραμμα μεταβαίνει στην λειτουργία της τρισδιάστατης απεικόνισης του χωρικού προσομοιώματος. Αυτό γίνεται αφενός για να ελέγξουμε σε τρεις διαστάσεις αν τα δεδομένα του χωρικού προσομοιώματος είναι ορθά και αφετέρου για να δούμε τον φορέα παραμορφωμένο από κάθε φόρτιση και να ελέγξουμε την μορφή παραμόρφωσής του. Εδώ μπορούμε να δούμε και τα διαγράμματα των εντατικών μεγεθών επιλεγμένων μελών ή και όλου του φορέα.

Οπλισμοί: Από την κεντρική εργαλειοθήκη επιλέγουμε επίλυση- οπλισμός κτιρίου. Με την εντολή αυτή γίνονται όλοι οι έλεγχοι στις διατομές των υποστυλωμάτων και δοκών σύμφωνα με τον επιλεγμένο κανονισμό, τοποθετούνται τα τελικά σίδερα σε κάθε διατομή και εμφανίζονται στην οθόνη στον ξυλότυπο της μελέτης.

- Επεξεργασία ξυλότυπων

Τακτοποίηση οπλισμών: Με τις εντολές σίδηρο πλάκας και σίδηρο δοκού μπορούμε να μετακινήσουμε και να τροποποιήσουμε τα σίδηρα των οπλισμών που υπολόγισε και τοποθέτησε το Fespa. Επίσης χρήσιμες είναι οι εντολές κίνηση ονόματος του υποστυλώματος και της δοκού. Με τις γραμμικές οντότητες (γραμμές, διαστάσεις, κείμενα) βελτιώνεται περαιτέρω η εμφάνιση του ξυλότυπου. Η τακτοποίηση ξυλότυπου σε τυπικούς ορόφους διευκολύνεται πολύ από τη εντολή παραγωγές > τοποθέτηση ονομάτων και οπλισμών.

- Λεπτομέρειες οπλισμών (Το πλήκτρο αυτό της κεντρικής εργαλειοθήκης κάνει διαθέσιμες στον μελετητή δύο ακόμα εντολές)

Λεπτομέρειες υποστυλωμάτων: Ανοίγει νέο παράθυρο στο οποίο περιέχονται σε τομή όλα τα υποστυλώματα των ορόφων με τους οπλισμούς (διαμήκειες και συνδετήρες) και τους δείκτες των διαμέτρων τους. Ο μελετητής έχει την δυνατότητα επεξεργασίας των λεπτομερειών, αποθήκευσης του σχεδίου σε αρχείο με ξεχωριστό όνομα και σχεδίασής τους.

Αναπτύγματα οπλισμών δοκών: Αφού ο μελετητής δείξει την δοκό που επιθυμεί το πρόγραμμα ανοίγει νέο παράθυρο στο οποίο εμφανίζεται διαμήκης τομή της με όλους τους οπλισμούς της σε ανάπτυγμα. Και εδώ ο μελετητής έχει δυνατότητα τροποποίησης των οπλισμών, αποθήκευσης του σχεδίου σε αρχείο με ξεχωριστό όνομα και σχεδίασής τους.

- Παρουσίαση αποτελεσμάτων

Σχεδίαση ξυλότυπων: Αν έχουμε συνδεδεμένο εκτυπωτή ή σχεδιογράφο (plotter) και εγκατεστημένο τον κατάλληλο οδηγό επιλέγοντας την εντολή σχεδίαση ανοίγει ένα νέο παράθυρο στο οποίο απεικονίζεται το περίγραμμα του χαρτιού. Μέσα σε αυτό τοποθετείται το σχέδιό μας (αφού επιλέξουμε εκτύπωση, χαρτί, κλίμακα και πένες) και δίνουμε την εντολή για σχεδίαση.

Σχεδίαση λεπτομερειών: Όταν ο μελετητής μεταβεί σε παράθυρο απεικόνισης λεπτομερειών (υποστυλωμάτων ή αναπτυγμένων δοκών) δίνοντας την εντολή φύλαξη από το menu των αρχείων φυλάσσεται στον δίσκο το αρχείο του σχεδίου που υπάρχει στην οθόνη. Το όνομα που το πρόγραμμα δίνει σε αυτό περιγράφει και το περιεχόμενό του (λ.χ. διώροφο _ λεπτ _ υποστ. tek). Το αρχείο αυτό μπορούμε να το καλέσουμε από την σχεδίαση, να το τοποθετήσουμε σε χαρτί (μόνο του ή με τον ξυλότυπο) και εν τέλει να το σχεδιάσουμε.

Εξαγωγή αρχείου τύπου DXF: Αν πρόκειται να τυπώσουμε σε σχεδιογράφο εκτός γραφείου ή αν θέλουμε να δώσουμε το σχέδιο μας σε κάποιον που διαθέτει άλλο σχεδιαστικό πρόγραμμα υπάρχει η δυνατότητα εξαγωγής σε αρχείο τύπου AutoCAD (DXF).

Εκτύπωση τεύχους: Από το κεντρικό menu διαλέγουμε κτίριο και τεύχος για να αρχίσουμε την διαδικασία αυτόματης παραγωγής και εκτύπωσης του τεύχους των αποτελεσμάτων της τρέχουσας μελέτης. Μέσα από τις επιλογές του προγράμματος αυτού επιλέγουμε ποια δεδομένα ή αποτελέσματα θα τυπωθούν και για ποιους ορόφους.

Κεφάλαιο 7^ο Στόχος της παρούσας εργασίας

Ως στόχο η παρούσα εργασία έχει να αναδείξει την επίλυση στατικού φορέα προκειμένου να καταστεί σαφές ότι ένα κτίριο μπορεί να φέρει επιτυχώς τα φορτία του. Για αυτό τον λόγο η παρούσα εργασία αναλύει την διαδικασία με την οποία υλοποιήθηκε η επίλυση του στατικού φορέα. Χρησιμοποιήθηκε το στατικό πρόγραμμα FespaTekton αφού με αυτό το πρόγραμμα μας δόθηκε η ευκαιρία για την δημιουργία προσομοιώματος της κατασκευής, την ανάλυση, την όπλιση, την επιθεώρηση των αποτελεσμάτων και την δημιουργία τεύχους υπολογισμών. Άλλωστε το αρχιτεκτονικό και στατικό πρόγραμμα FespaTekton είναι εύχρηστο περιβάλλον εργασίας, παρέχει δυνατότητες μοντελοποίησης και ανάλυσης, παρέχει αυτόματη παραγωγή τόμων με αρχιτεκτονικά και στατικά στοιχεία και τέλος προσφέρει ευρύ φάσμα αρχιτεκτονικών και στατικών δυνατοτήτων σχεδιασμού.

Κεφάλαιο 8^ο Ανάλυση εργασίας

Για την στέγη ο κανονισμός επιβάλλει έναν συνδυασμό φορτίσεων. Οι παράγοντες που λαμβάνουμε υπόψιν μας είναι το ίδιο βάρος της στέγης, τα φορτία του χιονιού, του ανέμου καθώς και το βάρος των εργατών.

Τα ξύλα που χρησιμοποιήσαμε για την στέγη μας είναι συγκεκριμένα. Χρησιμοποιήσαμε 10/18 για του αμείβοντες, 12/12 για τον ορθοστάτη, 10/18 για τον ελκυστήρα και 5/8 για τις τεγίδες μας. Αυτά ήταν τα αποτελέσματα που έβγαλε το πρόγραμμα.

Τέλος για να βρούμε τα φορτία που φέρει η στέγη στην κατασκευή μας, την λύσαμε με την μέθοδο των ζωνών επιρροής. Πήραμε δηλαδή ζευκτά ανά 1m πλάτος * το μισό μήκος της στέγης και βγάλαμε μια επιφάνεια. Την πολλαπλασιάζουμε λοιπόν με το ίδιο βάρος των ξύλων της στέγης, το βάρος των εργατών, το βάρος του χιονιού (που στην συγκεκριμένη περίπτωση το πήραμε για max 20 cm λόγω περιοχής) και τα φορτία του αέρα. Βγάλαμε λοιπόν ότι στα εξωτερικά δοκάρια μας, η στέγη φέρει φορτίο -13,5 KN/m και στα εσωτερικά δοκάρια μας φέρει φορτίο -5,0 KN/m.

The screenshot shows the Tekton software interface with the 'Κτίριο' (Building) settings window open. The window title is 'Κτίριο' and it contains several tabs: Γενικά, Αντισεισμικός, Φόρμα, Συντελεστής α, Σκυρόδεμα, Οπλισμός, Έδαφος, Υλικό - Αποτίμηση, Δομικός κώδικας, Σύμμετρα, Αποτίμηση, Φόρμα - Αποτίμηση, Φέρουσα τακτοποίηση, Τακτοποίηση, Δράσεις, Φορτία ανέμου και κινικού, Εναστάσεις, Στέβια 3DV, Pushover 3DV, Χρωματισθείσες, Όλα. The main area of the window is a table with the following columns: 'Γενική περιγραφή εργασίας', 'Στόχος μελέτης', 'Υλικό', 'Κανονισμοί', and 'Παρατήρηση'. The table contains the following rows:

Γενική περιγραφή εργασίας	Στόχος μελέτης	Υλικό	Κανονισμοί	Παρατήρηση
Γενική περιγραφή εργασίας	?	?	?	?
Στόχος μελέτης	?	?	?	?
Υλικό	?	?	?	?
Κύριο υλικό κτιρίου	?	?	?	?
Δευτερεύον υλικό κτιρίου	?	?	?	?
Κανονισμοί	?	?	?	?
Κανονισμός σκυροδέματος	?	?	?	?
Κανονισμός κατασκευαστικής μεταλλικών στοιχείων	?	?	?	?
Αντισεισμικός κανονισμός	?	?	?	?
Εθνικά προσάρτημα	?	?	?	?
Παρατήρηση	?	?	?	?
Όροφος θεμελίωσης	?	?	?	?

The bottom of the window shows the 'Υπόδειγμα >>' button and the 'Ενότητα' and 'Όλες/Καμία' checkboxes. The software interface also shows the 'Fespa - Tekton - [KATOPS-1 - Κάτοψη - Όροφος 0]' title bar and the 'Αρχείο CAD Εργαλεία Επεξεργασία Οδηγός Δομικά Γραμμικά Στατικά Παράσταση Παράθυρο e-Support Βοήθεια' menu bar. The status bar at the bottom shows 'Όροφος 0', 'Όροφος 1', 'Όροφος 2', 'Όροφος 3', 'Όροφος 4', 'Όροφος 5', 'Όροφος 6', 'Όροφος 7', 'Όροφος 8', 'Όροφος 9', 'Όροφος 10', 'Όροφος 11', 'Όροφος 12', 'Όροφος 13', 'Όροφος 14', 'Όροφος 15', 'Όροφος 16', 'Όροφος 17', 'Όροφος 18', 'Όροφος 19', 'Όροφος 20', 'Όροφος 21', 'Όροφος 22', 'Όροφος 23', 'Βάση: 0,00', 'Όροφή: 13,00', 'X=11,65', 'Z=18,15', 'Srv=0,05', 'CAF: NUM', '3,02 μμ', '13/12/2019'.

Περιβάλλον του προγράμματος

Εδώ μπορούμε να δούμε σαν μια γενική εικόνα το περιβάλλον του προγράμματος. Πιο συγκεκριμένα στο πάνω μέρος της εικόνας βλέπουμε ομαδοποιημένα στοιχεία του προγράμματος (εργαλεία, επεξεργασία, οδηγός, δομικά, γραμμικά, στατικά, παράσταση, παράθυρα, e-support και βοήθεια). Πιο κάτω έχουμε τα εργαλεία του προγράμματος που θα χρησιμοποιήσουμε για να δώσουμε τα χαρακτηριστικά του κτιρίου που χρειάζονται για να γίνει η στατική του ανάλυση. Περαιτέρω υπάρχουν οι καρτέλες που θα εισάγουμε τις παραδοχές της κατασκευής μας. Τέλος στο κάτω μέρος της εικόνας μπορούμε να επιλέξουμε τους ορόφους του κτιρίου. Στην παρούσα φάση έχουμε επιλέξει «όροφος 0», αναφερόμαστε δηλαδή στο ισόγειο και βάζουμε τις παραδοχές που θα τρέξει το πρόγραμμα.

Κτίριο																		
Γενικά	Αντισεισμικός	Φάσμα	Συντελεστής q	Σκυρόδεμα	Οπλισμός	Έδαφος	Υλικό - Αποτίμηση	Δομικός χάλυβας	Σύμμικτα	Αποτίμηση	Φάσμα - Αποτίμηση	Φέρουσα τοιχοποιία	Τοιχοπήρωση	Δράσεις	Φορτία ανέμου και κλονισμού	Εισαγωγές	Σχέδιο 3D	F
Γενική περιγραφή εργασίας														?	Νέα οικοδομή			
Στόχος μελέτης														?	Διαστασιολόγηση			
▼ Υλικό																		
Κύριο υλικό κτιρίου														?	Σκυρόδεμα			
Δευτερεύον υλικό κτιρίου														?	Σκυρόδεμα			
▼ Κανονισμοί																		
Κανονισμός σκυροδέματος														?	EC2			
Κανονισμός διαστασιολόγησης μεταλλικών στοιχείων														?	EC3			
Αντισεισμικός κανονισμός														?	EC8			
Εθνικό προσάρτημα														?	GR - Ελλάδα			
▼ Θεμελίωση																		
Όροφος θεμελίωσης														?	-1			

Καρτέλα «Γενικά» του προγράμματος FespaTekton

Στην καρτέλα «Γενικά» συμπληρώνουμε τα γενικά στοιχεία της κατασκευής μας. Πιο συγκεκριμένα επιλέγουμε «Νέα οικοδομή» όπου το κυρίως υλικό που θα χρησιμοποιήσουμε θα είναι το σκυρόδεμα. Επιλέγουμε τους Ευρωκώδικες 2, 3 και 8 διότι αυτούς τους Ευρωκώδικες θέλουμε να χρησιμοποιήσει το πρόγραμμα για να μας λύσει την κατασκευή σύμφωνα με το Εθνικό προσάρτημα Ελλάδος. Δεν έχουμε υπόγειο συνεπώς ο όροφος θεμελίωσης θα είναι κάτω από το ισόγειο μας δηλαδή θα είναι ο (-1).

Κτίριο		Γενικά	Αντισεισμικός	Φάσμα	Συντελεστής q	Σκυρόδεμα	Οπλισμός	Έδαφος	Υλικά - Αποτίμηση	Δομικός κάλυβας	Σύμμικτα	Αποτίμηση	Φάσμα - Αποτίμηση	Φέρουσα τοιχοποιία	Τοιχοπήρωση	Δράσεις	Φορτία ανέμου και χιονοϋ	Εν
Επίλυση με σεισμό															?	Ναι		
Μέθοδος Επίλυσης															?	Δυναμική με μετατόπιση μαζών		
Υψόμετρο εφαρμογής σεισμικών δυνάμεων [m]															?	0.00		
Κατακόρυφη συνστάση σεισμού															?	Όχι		
▼ Ιδιομορφές																		
Αριθμός ιδιομορφών															?	9		
Αναζήτηση ιδιομορφών ώστε ΣΜδ 90% μάζας															?	Ναι		
Αύξηση εντατικών μεγεθών με Μ/ΣΜ															?	Ναι		
▼ Κέντρο δυσκαμψίας κτίριου																		
Υπολογισμός ηλαστικού άξονα															?	Ναι		
Συντελεστής τυχαμτικής εκκεντρότητας															?	0.050		
Όροφος που καθορίζει τον ηλαστικό άξονα															?	-10		
Ακτίνες δυστρεψίας															?	Ως προς το κέντρο μάζας		
▼ Απλοποιημένη φασματική μέθοδος																		
Αύξηση/μείωση στατικής εκκεντρότητας ef, er															?	Ναι		
▼ Συντελεστές δυσκαμψίας																		
Συντ. δυσκαμψίας σκυροδέματος															?	...		
Συντ. δυσκαμψίας τοιχοποιίας															?	...		
Συντ. δυσκαμψίας δομικού κάλυβα															?	...		
Συντ. δυσκαμψίας ξυλείας															?	...		

Καρτέλα «Αντισεισμικός» του προγράμματος FespaTekton

Μετάπειτα στην καρτέλα «Αντισεισμικός» δεν χρειάζεται να αλλάξουμε κάτι καθώς τα ήδη επιλεγμένα στοιχεία μας καλύπτουν εξ ολοκλήρου. Ειδικότερα θέλουμε η επίλυση μας να λάβει υπόψιν της πιθανές σεισμικές εντάσεις. Συνεπώς αφήνουμε την επιλογή «ναι» στην επίλυση με σεισμό, με την μέθοδο επίλυσης «δυναμική με μετατόπιση μαζών». Αφήνουμε τον αριθμό ιδιομορφών στο 9 και τις ακτίνες δυστρεψίας να εφαρμόζονται ως προς το κέντρο της μάζας.

Γενικά	Αντισεισμικός Φάσμα	Συντελεστής q	Σκυρόδεμα	Οπλισμός	Εδάφος	Υλικό - Αποτίμηση	Δομικός χάλυβας	Σύμμικτα	Αποτίμηση	Φάσμα - Αποτίμηση	Φέρουσα τοιχοποιία	Τοιχοπήρωση	Δράσεις	Φορτία ανέμου
Αντισεισμικός κανονισμός													?	EC8
Εθνικό προσάρτημα													?	GR - Ελλάδα
Σεισμική δράση														
Σεισμική ζώνη													?	Z2
Μέγιστη εδαφική επιτάχυνση a_gR [g]													?	0.240
Σπουδαιότητα κτιρίου													?	II (συνήθη κτίρια)
Συντελεστής σπουδαιότητας I													?	1.000
Συντελεστής τοπογραφίας S _t													?	1.000
Παράμετροι φάσματος														
Φάσμα													?	Φάσμα σχεδιασμού
Εδαφικός τύπος													?	B
Συντελεστής εδάφους S													?	1.200
Χαρακτηριστικές περίοδοι φάσματος													?	...
Συντελεστής απόσβεσης [%]													?	5.00
Συντ. β κάτω ορίου φάσματος σχεδιασμού													?	0.200
Απλοποιημένη φασματική μέθοδος														
Συντελεστής διάρθρωσης β_x													?	1.000
Συντελεστής διάρθρωσης β_z													?	1.000
Εκτίμηση θεμελιώδους ιδιοπεριόδου T _{a,x}													?	C _t *h ^{0.75}
Εκτίμηση θεμελιώδους ιδιοπεριόδου T _{a,z}													?	C _t *h ^{0.75}
Συντ. υπολογισμού ιδιοπεριόδου T _{a,x} C _{t,x} =...													?	0.050
Συντ. υπολογισμού ιδιοπεριόδου T _{a,z} C _{t,z} =...													?	0.050
Θεμελιώδης ιδιοπερίοδος T _{a,x}													?	0.500
Θεμελιώδης ιδιοπερίοδος T _{a,z}													?	0.500
Κατακόρυφη συνιστώσα														
Κατακόρυφη συνιστώσα σεισμού													?	Όχι
Κατακόρυφη συνιστώσα σε πλάκες-προβόλους													?	Ναι
Λόγος επιτάχυνσης κατακόρυφα προς οριζόντια $\beta=an_g/ag=$?	0.300

Καρτέλα «Φάσμα» του προγράμματος FespaTekton

Στην καρτέλα «Φάσμα» βάζουμε ότι θα πάρει παραδοχές του αντισεισμικού κανονισμού από τον Ευρωκώδικα 8 του Εθνικού προσαρτήματος Ελλάδος αφού ο συγκεκριμένος ευρωκώδικας στοχεύει στην διασφάλιση του κατασκευαστικού έργου σε περίπτωση έντονου σεισμού προκειμένου να επιτευχθεί η ασφάλεια και η προστασία όσων είναι μέσα ή έξω από το κτίριο, αλλά και η μείωση ζημιών του κτιρίου. Από το ΦΕΚ Αρ. Φύλλου 1154 12/8/2003 Τεύχος Δεύτερο, βλέπουμε τις ζώνες σεισμικής επικινδυνότητας και βλέπουμε ότι η κατασκευή μας ανήκει στην ζώνη Z2. Η σπουδαιότητα του κτιρίου μας είναι κατηγορίας II δηλαδή συνηθισμένη κατοικία. Τα υπόλοιπα στοιχεία μας καλύπτουν στο default δηλαδή έχουμε τύπου εδάφους «B» με συντελεστή εδάφους S=1.200 και συντελεστή απόσβεσης 5%. Δεν χρειάζεται να λύσουμε για κατακόρυφη συνιστώσα σεισμού αλλά κρίνεται αναγκαίο να λύσουμε ως προς κατακόρυφη συνιστώσα σε πλάκες και προβόλους.

Γενικά	Αντισεισμικός	Φάσμα	Συντελεστής q	Σκυρόδεμα	Οπλισμός	Έδαφος	Υλικά - Αποτίμηση	Δομικός κάλυψας	Σύμμικτα	Αποτίμηση	Φάσμα - Αποτίμηση	Φέρουσα τοιχοποιία	Τοιχοπήγρωση	Δράσεις	Φορτία ανέμου και χιονού	E
Συντελεστής q q=q[*]*k_w																
Συντ. σεισμικής συμπεριφοράς οριζόντια q _x													?	3.300		
Συντ. σεισμικής συμπεριφοράς οριζόντια q _z													?	3.300		
Συντ. σεισμικής συμπεριφοράς κατακόρυφα q _v													?	1.500		
Στατικό Σύστημα																
Κύριο υλικό κτιρίου (για προσδιορισμό q)													?	Σκυρόδεμα		
Κατηγορία πλαστιμότητας													?	ΚΠΜ		
Τύπος στατικού συστήματος [διεύθυνση X]													?	Ισοδύναμο προς τοιχώματα διπλό σύστημα		
Τύπος στατικού συστήματος [διεύθυνση Z]													?	Ισοδύναμο προς τοιχώματα διπλό σύστημα		
au/a1																
Ο λόγος υπεραντοχής au/a1 καθορίζεται από pushover													?	Όχι		
Λόγος υπεραντοχής [au/a1] _x													?	1.200		
Λόγος υπεραντοχής [au/a1] _z													?	1.200		
Κανονικότητα σε κάταψη													?	Όχι		
Τελική τιμή λόγου [au/a1] _x													?	1.100		
Τελική τιμή λόγου [au/a1] _z													?	1.100		
Κανονικότητα καθ' ύψος																
Κανονικότητα καθ' ύψος [διεύθυνση X]													?	Ναι		
Συντελεστής κανονικότητας καθ' ύψος C1 _x													?	1.000		
Κανονικότητα καθ' ύψος [διεύθυνση Z]													?	Ναι		
Συντελεστής κανονικότητας καθ' ύψος C1 _z													?	1.000		
Συντελεστές q₀, q_c & k_w q₀=q[*]*(au/a1)																
Συντελεστής K _{wx}													?	1.000		
Συντελεστής K _{wz}													?	1.000		
Σταθερός παράγοντας συντελεστή συμπεριφοράς, q _{0x}													?	3.000		
Σταθερός παράγοντας συντελεστή συμπεριφοράς, q _{0z}													?	3.000		
Βασική τιμή του συντ. σεισμ. συμπεριφοράς, q _{0x}													?	3.300		
Βασική τιμή του συντ. σεισμ. συμπεριφοράς, q _{0z}													?	3.300		

Καρτέλα «Συντελεστής q» του προγράμματος FespaTekton

Στην καρτέλα «Συντελεστής q» ξαναβάζουμε το υλικό του κτιρίου μας το οποίο είναι το σκυρόδεμα και επιλέγουμε κατηγορία πλαστιμότητας ΚΠΜ (κατηγορία πλαστιμότητας μέση). Ουσιαστικά λέμε στο πρόγραμμα ότι το κτίριο μας μπορεί να πάρει μερικές παραμορφώσεις. Τις υπόλοιπες επιλογές τις αφήνουμε όπως τις προτείνει το Fespa δηλαδή αφήνουμε τον συντελεστή σεισμικής συμπεριφοράς οριζόντιας q_x, τον συντελεστή σεισμικής συμπεριφοράς οριζόντιας q_z σε 3,3 και τον συντελεστή σεισμικής συμπεριφοράς κατακόρυφα q_v σε 1,5. Δεν λύνουμε με τον λόγο υπεραντοχής που καθορίζεται από pushover.

Γενικά	Αντισεισμικός	Φάσμα	Συντελεστής q	Σκυρόδεμα	Οπλισμός	Έδαφος	Υλικό - Αποτίμηση	Δομικός χάλυβας	Σύμμικτα	Αποτίμηση	Φάσμα - Αποτίμηση	Φέρουσα τοιχοποιία	Τοιχοπήγρωση	Δράσεις	Φορτία ανέμου και χιονιού
Υλικό															
Ποιότητα σκυροδέματος													?	C25/30	
Χαρακτηριστική αντοχή σκυροδέματος f_{ck} [MPa]													?	25	
Συντ. ασφαλείας σκυροδέματος γ_c													?	1.500	
Συντ. μακροχρόνιων επιδράσεων στην θλιπτική αντοχή α_{cc}													?	0.850	
Δοκός															
Ανακατανομή ροπών δοκών													?	Ναι	
Προτιμητέος λόγος M+/M-													?	1.000	
Αυτόματη απόδοση οπλισμού πλάκων στις δοκούς													?	Ναι	
Σίδηρα πλάκων προμετρούνται στον οπλισμό δοκού													?	Ναι	
Μέγιστος συνεργαζόμενος οπλισμός πλάκας [% απαιτούμενου]													?	25.0	
Σίδηρα πλάκων στους ελέγχους ηλιασμιότητας													?	Ναι	
Κανοντικός σχεδιασμός δοκών σε διάτμηση													?	Αυτόματο	
Αξονική δύναμη στη διαστασιολόγηση δοκού													?	Μόνο δυσμενώς	
Έλεγχος ροπής ανοίγματος με την ροπή της μονοπάκτου													?	Όχι	
Έλεγχοι λειτουργικότητας δοκών & πλάκων															
Έλεγχος τάσεων χάλυβα & σκυροδέματος													?	Ναι	
Έλεγχος ρηγμάτωσης													?	Αυτόματο	
Έλεγχος βέλους δοκών													?	Ναι	
Κατηγορία έκθεσης													?	XC3	
Μέγιστο εύρος ρωγμής ανοίγματος των [mm]													?	0.30	
Μέγιστο εύρος ρωγμής στήριξης wst [mm]													?	0.30	
Υποστυλώμα															
Κανοντικός σχεδιασμός υποστυλωμάτων σε κάμψη													?	Αυτόματο	
Έλεγχος διάτμησης κάμβου													?	Αυτόματο	
Έλεγχος συνάφειας κάμβου													?	Αυτόματο	
Έλεγχος κοντού υποστυλώματος													?	Όχι	
Λόγος διάτμησης για έλεγχο κοντού υποστ/τος, $a_s \leq k \cdot k_{tr}$?	2.000	

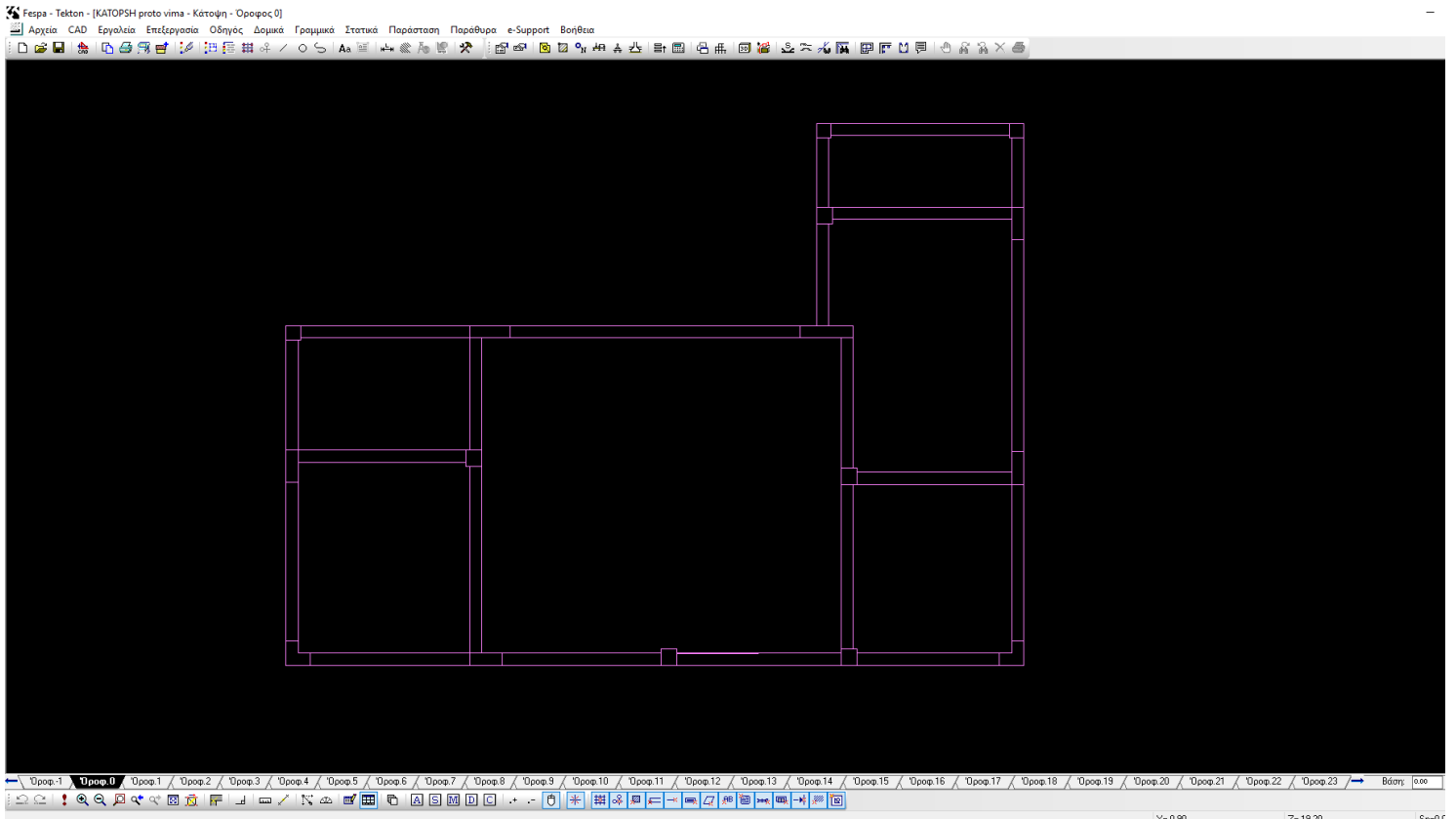
Καρτέλα «Σκυρόδεμα» του προγράμματος FespaTekton

Στην καρτέλα «Σκυρόδεμα» επιλέγουμε να βάλουμε C25/30 διότι ως επί το πλείστον οι καινούργιες οικοδομές χτίζονται με σκυρόδεμα C25/30 καθώς παρέχει την αντοχή που χρειαζόμαστε (αντοχή σκυροδέματος κυλίνδρου: f_{ck} κυλίνδρου 25 MPa και αντοχή σκυροδέματος κύβου: f_{ck} κύβου 30 MPa). Στην κατηγορία έκθεσης σκυροδέματος επιλέγουμε την κατηγορία XC3 που σημαίνει ότι θέλουμε το σκυρόδεμα να είναι ανθεκτικό στην υπερβολική υγρασία καθώς η κατασκευή θα είναι κοντά σε θάλασσα. Έτσι προστατεύουμε το σκυρόδεμα από το φαινόμενο της ενανθράκωσης. Αυτό είναι το φαινόμενο το οποίο μετατρέπει το υδροξείδιο του ασβεστίου που περιέχεται στο σκυρόδεμα σε ανθρακικό ασβέστιο. Αυτή η μετατροπή έχει ως αποτέλεσμα να μειώνει σταδιακά την αλκαλικότητα του σκυροδέματος και ευνοεί τους παράγοντες που διαβρώνουν τον οπλισμό.

Γενικά	Αντισεισμικός	Φάσμα	Συντελεστής q	Σκυρόδεμα	Οπλισμός	Έδαφος	Υλικά - Αποτίμηση	Δομικός κάλυψος	Σύμμικτα	Αποτίμηση	Φάσμα - Αποτίμηση	Φέρουσα τοιχοποιία	Τοιχοπήρωση	Δράσεις	Φορτία ανέμου και χιονοού	Εισοδήσεις	Σχέδιο 3D	
Είδος εδάφους						?	Άργιλος με λίγη άμμο											
Δείκτης Ks [kN/m ² /m]						?	90000.00											
Συντ. προδιαστασιολόγησης πεδίων						?	1.300											
Μέθοδος ελέγχου φέρουσας ικανότητας						?	Απλοποιημένη μέθοδος (χρήση σει)											
Αναλυτική μέθοδος υπολογισμού Φ.Ι.																		
Συνθήκες φόρτισης						?	Φόρτιση αργιλιωδών εδαφών υπό αστραγγιστες συνθήκες											
Ενεργός συνοχή εδάφους, c' [kN/m ²]						?	35.00											
Ενεργός γωνία διατμητικής αντίστασης, φ' [°]						?	0.00											
Κορεσμένο έδαφος						?	Ναι											
Αστραγγιστη διατμητική αντοχή, Cu [kN/m ²]						?	25.00											
Υπολογισμός επιφόρτισης στη βάση του θεμελίου						?	Ναι											
Ολικό ειδικό βάρος εδάφους γ [kN/m ³]						?	12.00											
Απλοποιημένη μέθοδος υπολογισμού Φ.Ι. (χρήση σει)																		
Επιτρεπόμενη φέρουσα τάση (σει) [kN/m ²]						?	150.00											
Έλεγχος τάσης θραύσης																		
Τάση θραύσης εδάφους [kN/m ²]						?	500.00											
Έλεγχος ολίσθησης																		
Γωνία τριβής στη βάση του θεμελίου, δ [°]						?	30.00											
Συντ. υπολογισμού παθητικής ώθησης β'κρ. β=...						?	0.300											
Συντελεστές ασφαλείας																		
Συντ. ασφαλ. έναντι υπέρβασης Φέρουσας Ικανότ. γRV (στατ.)						?	1.400											
Συντ. ασφαλ. έναντι υπέρβασης Φέρουσας Ικανότ. γRV (σεισμ.)						?	1.000											
Συντ. ασφαλείας έναντι ολίσθησης. γRH (στατικά φορτία)						?	1.100											
Συντ. ασφαλείας έναντι ολίσθησης. γRH (σεισμικά φορτία)						?	1.000											
Ενιαίος συντ. ασφαλείας εδάφους FS (στατικές φορτίσεις)						?	2.000											

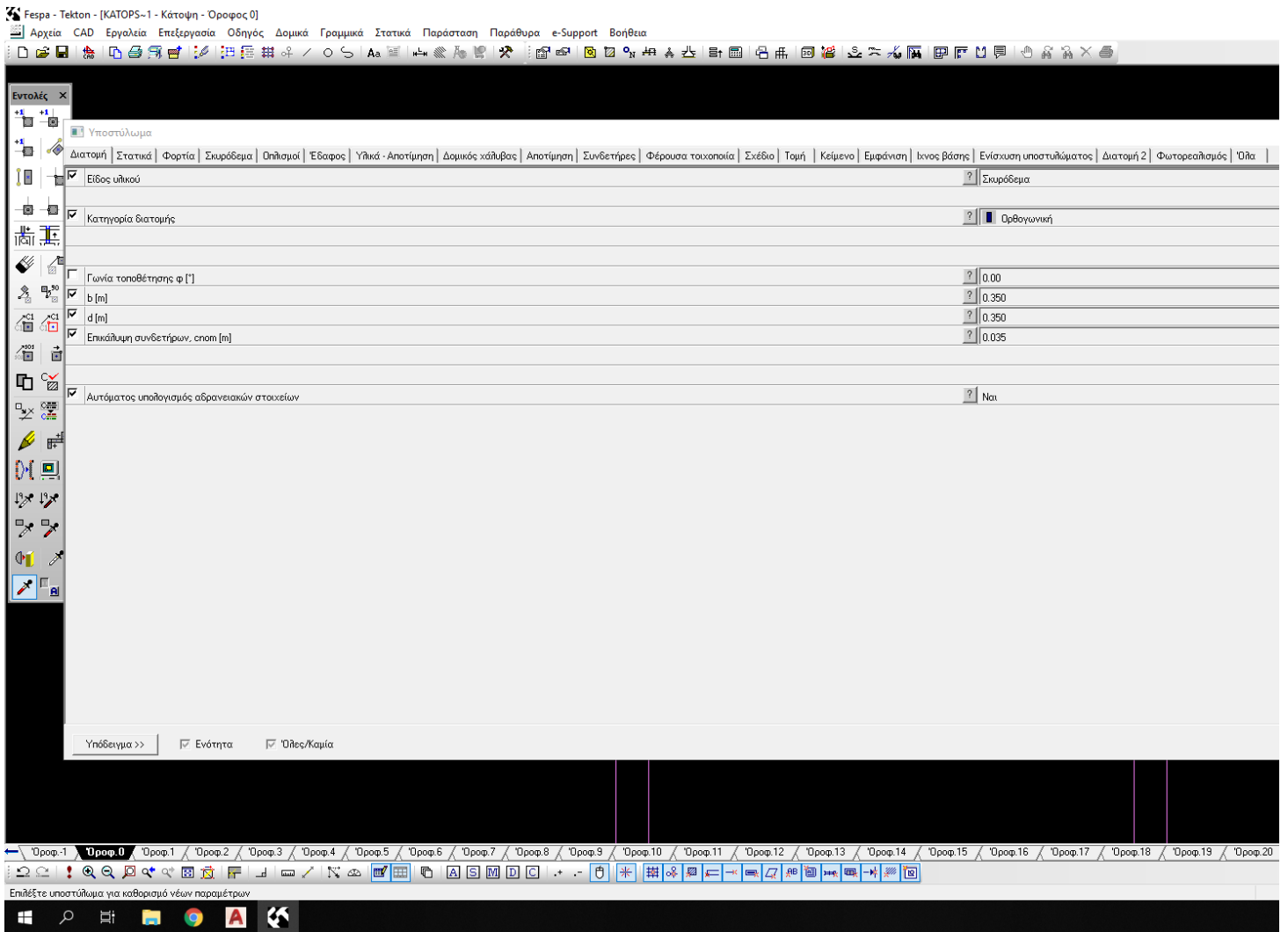
Καρτέλα «Έδαφος» του προγράμματος FespaTekton

Στην καρτέλα «Έδαφος» επιλέγουμε το είδος εδάφους που θα πατήσει η κατασκευή μας. Στην συγκεκριμένη περίπτωση έχουμε Άργιλο με λίγη άμμο. Επιπλέον αλλάζουμε την «Επιτρεπόμενη φέρουσα τάση» σε 150 KN/m². Το έδαφος της συγκεκριμένης περιοχής μπορεί να πάρει φορτία 200 – 250 KN/m² μέχρι να υποστεί καθίζηση, αλλά εμείς για να ήμαστε πιο σίγουροι και πιο ασφαλής βάζουμε ότι το έδαφος μπορεί να πάρει φορτία έως 150KN/m².



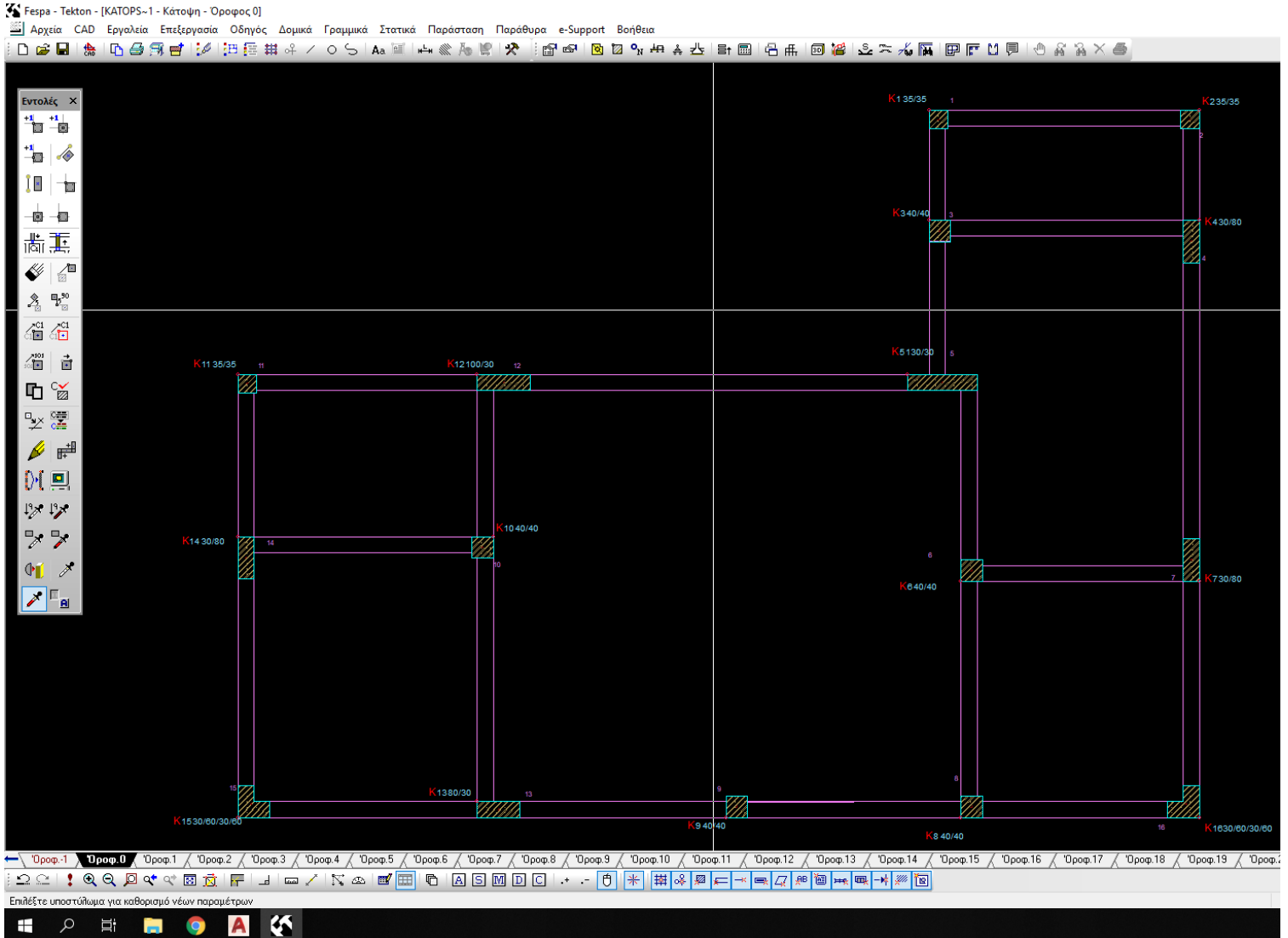
Η κάτοψη της κατοικίας μας ‘καθαρισμένη’

Αφότου καθαρίσαμε την κάτοψη μας στο AutoCAD από περιττά στοιχεία όπως έπιπλα, διαστάσεις, τύπων ανοιγμάτων, γραμμές τομών, hatches, την σώσαμε σε αρχείο .dxf για να μπορεί να την διαβάσει το πρόγραμμα Fespa. Όταν την ανοίξαμε πήραμε το παραπάνω αποτέλεσμα δηλαδή τα δοκάρια με το συγκεκριμένο πάχος τους καθώς και τις διατομές των υποστυλωμάτων μας. Αυτά απεικονίζονται στην εικόνα με μωβ γραμμές.



Εισαγωγή διαστάσεων των υποστυλωμάτων του κτιρίου

Στην ακόλουθη εικόνα βάλαμε τις διαστάσεις των υποστυλωμάτων μας. Επιλέγουμε την κατηγορία της διατομής τους η οποία στην συγκεκριμένη εικόνα είναι ορθογωνική. Στην συνέχεια επιλέγουμε τις διαστάσεις τους οι οποίες στην παρούσα περίπτωση είναι 0,350 m και τις μεταφέρουμε μια μια πάνω στο σχέδιο μας. Αυτό γίνεται για κάθε ένα υποστυλώμα ξεχωριστά. Σαν τελικό αποτέλεσμα παρουσιάζεται η αμέσως επόμενη εικόνα, η οποία δείχνει την τοποθέτηση των υποστυλωμάτων.



Η κάτοψη του κτιρίου μετά την τοποθέτηση των υποστυλωμάτων

Με τον ίδιο τρόπο φτιάχνουμε τα δοκάρια μας. Δηλαδή επιλέγουμε την κατηγορία της διατομής μας για το κάθε δοκάρι, στην συγκεκριμένη περίπτωση έχουμε κατηγορία διατομής «πλακοδοκός». Του βάζουμε τις διαστάσεις του, οι οποίες είναι γωνία τοποθέτησης $\varphi = 0.00$, πλάτος κορμού = 0.300m, ύψος 0.500 m, συνεργαζόμενο πλάτος = 1 m, πάχος πλάκας = 0.150 m, φτερό αριστερά = 0.375 m και επικάλυψη συνδετήρων = 0.035 m.

The screenshot shows the 'Δοκός' (Beam) properties dialog box in the Fespa - Tekton software. The dialog is titled 'Δοκός' and has several tabs: Διατομή, Στατικά, Στατικά άκρου, Δεσμική, Φορτία, Σκυρόδεμα, Οπλισμός, Έδαφος, Υλικά - Αποτίμηση, Ράβδοι άκρου, Ράβδοι ανοίγματος, Δομικός κάλυβας, Σύμμικτα, Τοιχοπήχωση, Σχέδιο, Τομή, Κείμενο, Εμφάνιση, Ενίσχυση δοκού, Διατομή.

The 'Διατομή' (Section) tab is active, showing the following parameters and values:

<input checked="" type="checkbox"/> Είδος υλικού	?	Σκυρόδεμα
<input checked="" type="checkbox"/> Είδος μέλους	?	Γενικό μέλος (μπετόν)
<input checked="" type="checkbox"/> Κατηγορία διατομής	?	Πλακοδοκός
<input checked="" type="checkbox"/> Γωνία τοποθέτησης φ [°]	?	0.00
<input checked="" type="checkbox"/> Πλάτος κορμού (bw) [m]	?	0.300
<input checked="" type="checkbox"/> Ύψος (h) [m]	?	0.500
<input checked="" type="checkbox"/> Συνεργαζόμενο πλάτος (belf) [m]	?	1.000
<input checked="" type="checkbox"/> Πάχος πλάκας (Hf1) [m]	?	0.150
<input checked="" type="checkbox"/> Φτερό αριστερά (belf1) [m]	?	0.375
<input checked="" type="checkbox"/> Επικάλυψη συνδετήρων, cnom [m]	?	0.035
<input checked="" type="checkbox"/> Αυτόματος υπολογισμός αδρανειακών στοιχείων	?	Ναι

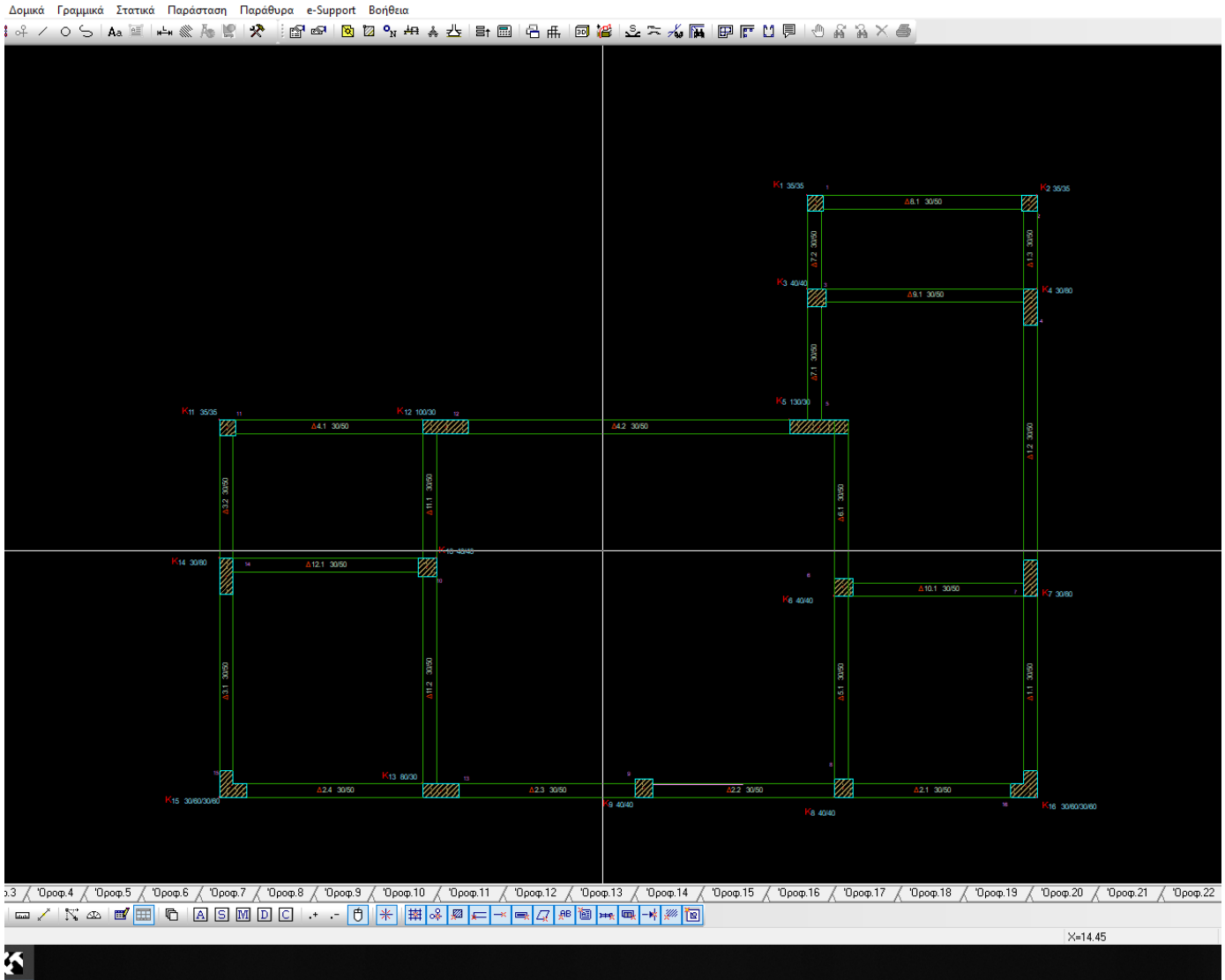
At the bottom of the dialog, there are checkboxes for 'Υπόδειγμα >>', 'Ενότητα', and 'Όλες/Καμία'.

The software interface also shows a menu bar with options like Αρχεία, CAD, Εργαλεία, Επεξεργασία, Οδηγός, Δομικά, Γραμμικά, Στατικά, Παράσταση, Παράθυρα, e-Support, and Βοήθεια. A toolbar with various icons is visible below the menu bar. The status bar at the bottom indicates 'Επιλέξτε δοκό για ήμην παραμέτρων'.

Εισαγωγή διαστάσεων των δοκαριών του κτιρίου

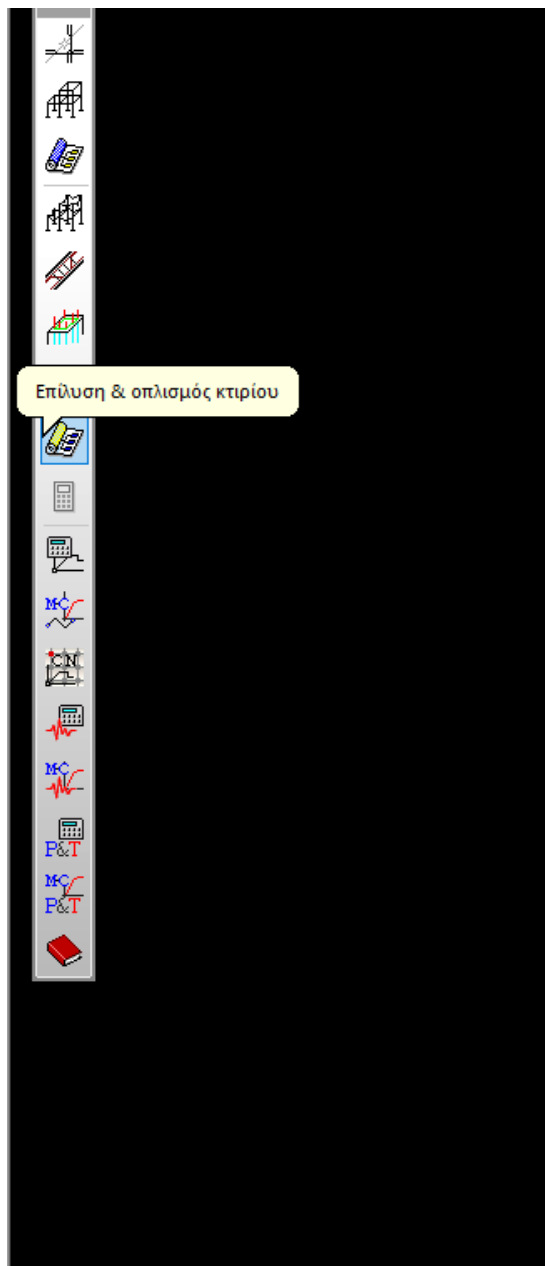
Έχουμε ήδη υπολογίσει τα φορτία που φέρει η στέγη στα δοκάρια μας με την μέθοδο των ζωνών επιρροής. Πήραμε δηλαδή ζευκτά ανά 1m πλάτος επί το μισό μήκος της στέγης και βγάλαμε μια επιφάνεια. Την πολλαπλασιάζουμε λοιπόν με το ίδιο βάρος των ξύλων της στέγης, το βάρος των εργατών, το βάρος του χιονιού (που στην συγκεκριμένη περίπτωση το πήραμε για max 20 cm λόγο περιοχής) και τα φορτία του αέρα. Βγάλαμε λοιπόν ότι στα εξωτερικά δοκάρια μας, η στέγη φέρει φορτίο -13,5 KN/m και στα εσωτερικά δοκάρια μας φέρει φορτίο -5,0 KN/m. Περνάμε αυτά τα στοιχεία στα αντίστοιχα δοκάρια μας στον συντελεστή qy.

Όταν τελειώσουμε με όλα τα δοκάρια της κατασκευής μας, παίρνουμε σαν τελικό αποτέλεσμα την παρακάτω εικόνα όπου βλέπουμε τα δοκάρια μας και τα υποστυλώματα μας με τις σωστές διατομές και τις ορθές διαστάσεις καθώς και την κωδική ονομασία του καθενός στοιχείου.



Η κάτοψη του κτιρίου μετά την τοποθέτηση των υποστυλωμάτων αλλά και των δοκών

Αφού τελειώσουμε με τα υποστυλώματα και τους δοκούς μας, πατάμε «επίλυση και οπλισμός κτιρίου».



Εάν η εκτίμηση που κάναμε για το που πρέπει να μπου οι κολώνες και τα υποστυλώματα είναι σωστή το Fespa θα μας δείξει το μήνυμα της παρακάτω εικόνας και θα οπλίσει την κατασκευή.

The screenshot displays the Fespa software interface. On the left, a structural model of a building frame is shown with various elements highlighted in green and red. On the right, a window titled "Αποτελέσματα ελέγχων και επίλυσης" (Results of checks and solutions) is open, displaying the following text:

```
Αποτελέσματα ελέγχων και επίλυσης
Επίλυση και οπλισμός πλάκων :
Επίλυση στατικού συστήματος :
Εκκίνηση του "C:\Program Files (x86)\LH Software\Fespa - Tekton\FESPA.EXE"...
Τέλος επίλυσης.
Επίλυση αρχείου : C:\Users\la01\Desktop\EPILIS-2\2A47B-1.xff
Χρόνος επίλυσης : 0: 0: 0.48
Η επίλυση ολοκληρώθηκε επιτυχώς! 0
Υπολογισμός ανάγκης ικανοτικού ελέγχου :
Εκκίνηση του "C:\Program Files (x86)\LH Software\Fespa - Tekton\FEWIKAN.EXE"...
Τέλος επίλυσης.
Πληροφορία I4001 ΟΙΚΟ: Οπλισμός Στύλων: Χαρίς Ικανοτικό Έλεγχο Κόμβων.

Επίλυση δοκών :
Εκκίνηση του "C:\Program Files (x86)\LH Software\Fespa - Tekton\FEBWN.EXE"...
Τέλος επίλυσης.
Πληροφορία I6005 ΟΙΚΟ: ανιχνεύθηκαν λάθη σε 0 δοκούς του κτιρίου: 2A47B-1.tek

Επίλυση Υποστυλωμάτων :
Εκκίνηση του "C:\Program Files (x86)\LH Software\Fespa - Tekton\FESWN.EXE"...
Τέλος επίλυσης.
Πληροφορία I8004 ΟΙΚΟ: ανιχνεύθηκαν λάθη σε 0 στύλους του κτιρίου: 2A47B-1.tek

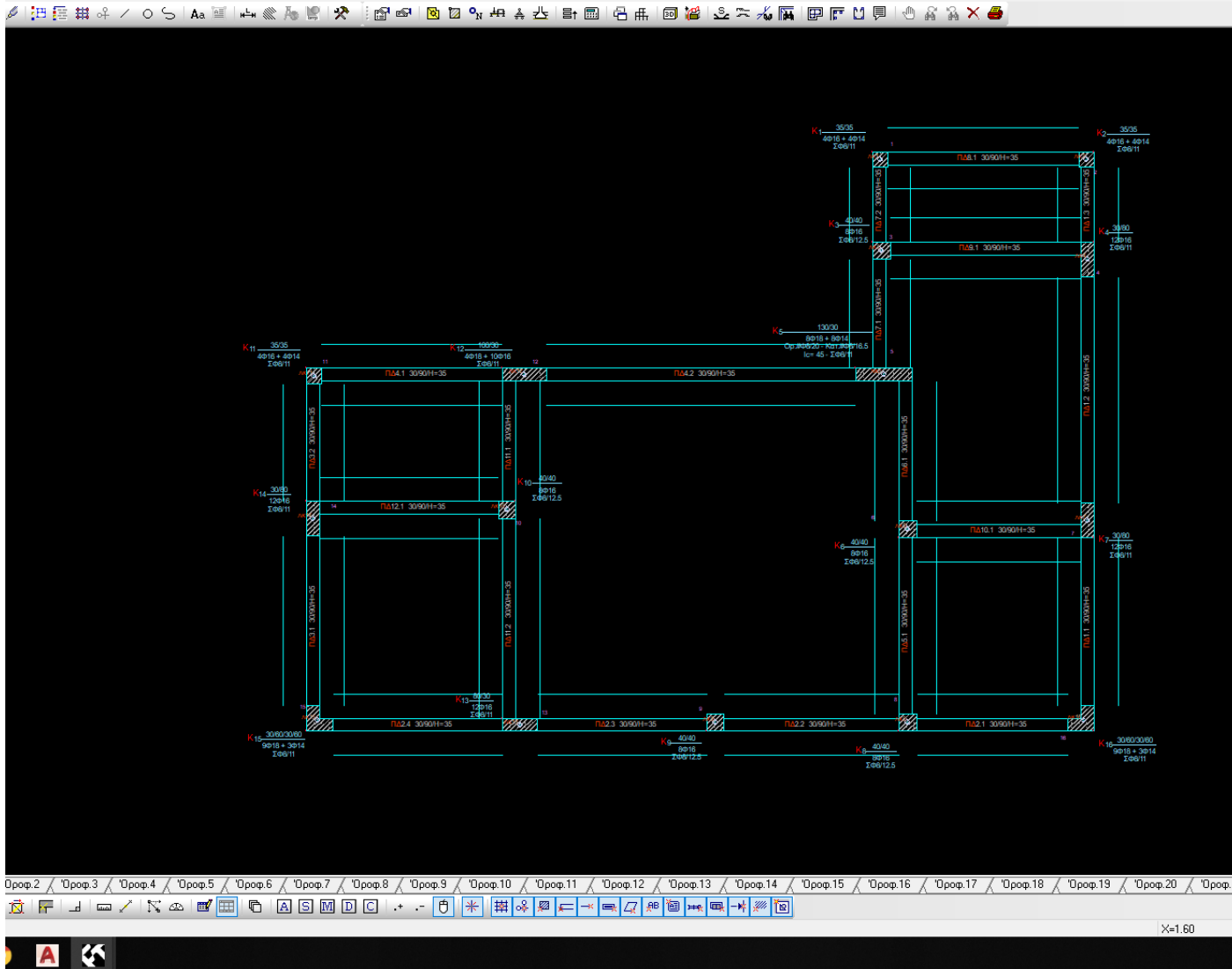
Επίλυση δοκών :
Εκκίνηση του "C:\Program Files (x86)\LH Software\Fespa - Tekton\FEBWN.EXE"...
Τέλος επίλυσης.
Πληροφορία I6005 ΟΙΚΟ: ανιχνεύθηκαν λάθη σε 0 πέλδια του κτιρίου: 2A47B-1.tek

Προμέτρηση Κτιρίου:
Εκκίνηση του "C:\Program Files (x86)\LH Software\Fespa - Tekton\FeWProm.EXE"...
Τέλος επίλυσης.
```

Αποτελέσματα ελέγχου και επίλυσης

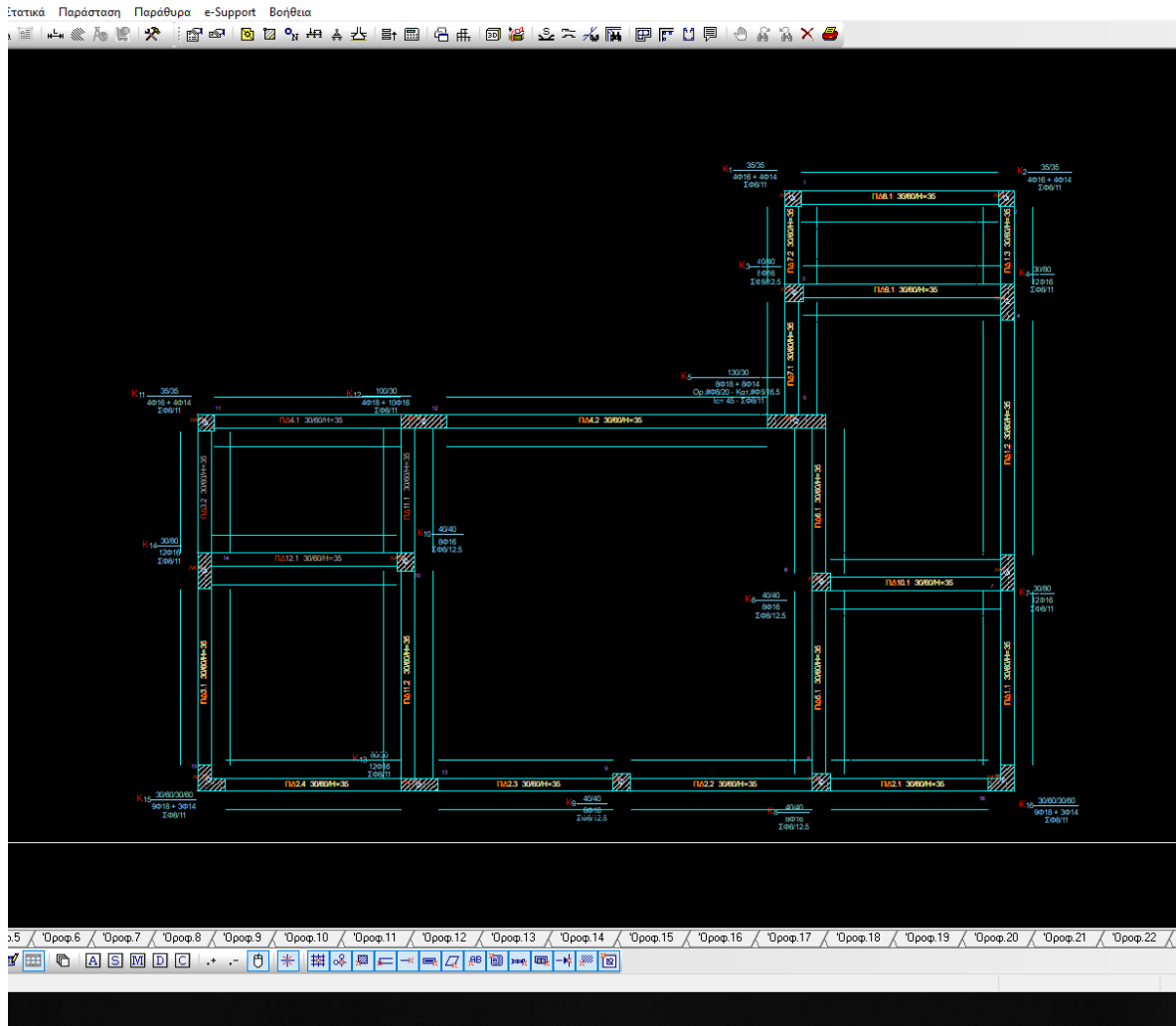
Σε αυτή την φάση έχουμε τα θεμέλια του κτιρίου μας με σωστές διαστάσεις και οπλισμό ο οποίος θα πρέπει να 'καθαριστεί' μεταγενέστερα δηλαδή να μπουν οπλισμοί που να ανταποκρίνονται στην πραγματικότητα προκειμένου να είναι η τοποθέτηση τους εφικτή. Εννοείται πως προσαρμόζουμε τους οπλισμούς με τέτοιο τρόπο ούτως ώστε το κτίριο μας να είναι ακόμα πιο ασφαλές από τα αποτελέσματα που προκύπτουν από την εφαρμογή του προγράμματος.

Μετάπειτα θα ασχοληθούμε με τα θεμέλια της κατασκευής μας. Τα θεμέλια είναι βασικό στοιχείο του κτιρίου αφού αποτελούν το στήριγμα του προκειμένου να παραμείνει σταθερό. Το Fespa βγάζει default θεμέλια τα οποία είναι συνήθως μεγαλύτερα και πιο ακριβά από ότι χρειάζεται. Για αυτό τον λόγο μικραίνουμε τις διαστάσεις τους. Θέλουμε την βέλτιστη διατομή. Επιλέγουμε να το θεμελιώσουμε με πεδιλοδοκάρια διότι προσφέρουν τα ίδια πλεονεκτήματα με τα πέδιλα με συνδετήριες δοκούς, αλλά έχουν μεγαλύτερη ασφάλεια καθώς και αποτελεσματικότερη συμπεριφορά. Παρακάτω γίνονται αντιληπτά τα θεμέλια τα οποία προέκυψαν σύμφωνα με την εφαρμογή του προγράμματος προτού τα επεξεργαστούμε.



Θεμέλια που προέκυψαν σύμφωνα με την εφαρμογή του προγράμματος

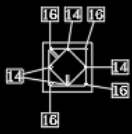
Εν συνεχεία μικραίνουμε σε μεγάλο βαθμό την διατομή των θεμελίων με σκοπό να κάνουμε την κατασκευή μας να αστοχήσει. Ως επακόλουθο μεγαλώνουμε λίγο λίγο τις διατομές των θεμελίων μας μέχρι να μπορεί να σταθεί το κτίριο μας και εν τέλει βάζουμε ως τελικήμια διατομή μεγαλύτερη από αυτή που είδαμε ότι αστόχησε στην λύση του. Σαν τελικό αποτέλεσμα θα έχουμε την ακόλουθη φωτογραφία.



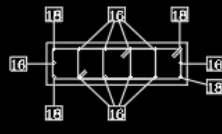
. Αποτέλεσμα επεξεργασμένης διατομής θεμελίων

Στο τέλος αποθηκεύουμε το αρχείο και καθαρίζουμε τους σπλισμούς στο πρόγραμμα του AutoCADδιότι είναι πιο εύχρηστο πρόγραμμα επεξεργασίας από το πρόγραμμα Fespa. Ο καθαρισμός των σπλισμών υλοποιείται με γνώμονα την ασφάλεια και την σταθερότητα της κατασκευής. Κάνουμε αλλαγές στις αποστάσεις μεταξύ των σπλισμών γιατί οι αποστάσεις που προκύπτουν από το πρόγραμμα Fespa δεν είναι ρεαλιστικές. Παίρνουμε λοιπόν τον μέσο όρο αυτών των αποστάσεων και με έναν πιο συντηρητικό – ασφαλή τρόπο τοποθετούμε τους σπλισμούς μας.Παρακάτω ακολουθούν οι σπλισμοί των δοκαριών, των υποστυλωμάτων και των θεμελίων μετά την επεξεργασία τους.

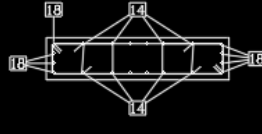
K1 $\frac{35/35}{4\phi 16 + 4\phi 14}$
Σφ10/10



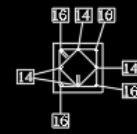
K2 $\frac{100/30}{4\phi 18 + 10\phi 16}$
Σφ10/10



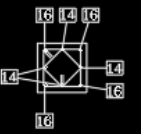
K3 $\frac{130/30}{8\phi 18 + 8\phi 14}$
Ορ. #φ8/14 - Κατ. #φ8/16.5
λ_χ = 45 - Σφ6/11



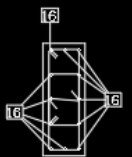
K5 $\frac{35/35}{4\phi 16 + 4\phi 14}$
Σφ10/10



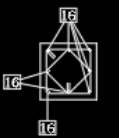
K6 $\frac{35/35}{4\phi 16 + 4\phi 14}$
Σφ10/10



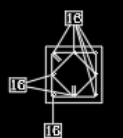
K14 $\frac{30/80}{12\phi 16}$
Σφ10/10



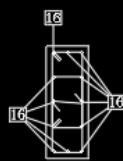
K15 $\frac{40/40}{8\phi 16}$
Σφ10/10



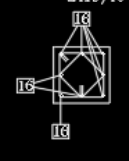
K16 $\frac{40/40}{8\phi 16}$
Σφ10/10



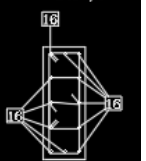
K8 $\frac{30/80}{12\phi 16}$
Σφ10/10



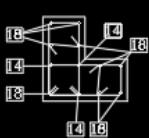
K4 $\frac{40/40}{8\phi 16}$
Σφ10/10



K7 $\frac{30/80}{12\phi 16}$
Σφ10/10



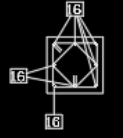
K13 $\frac{30/60/30/60}{9\phi 18 + 3\phi 14}$
Σφ10/10



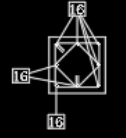
K12 $\frac{60/30}{12\phi 16}$
Σφ10/10



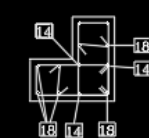
K11 $\frac{40/40}{8\phi 16}$
Σφ10/10



K10 $\frac{40/40}{8\phi 16}$
Σφ10/10

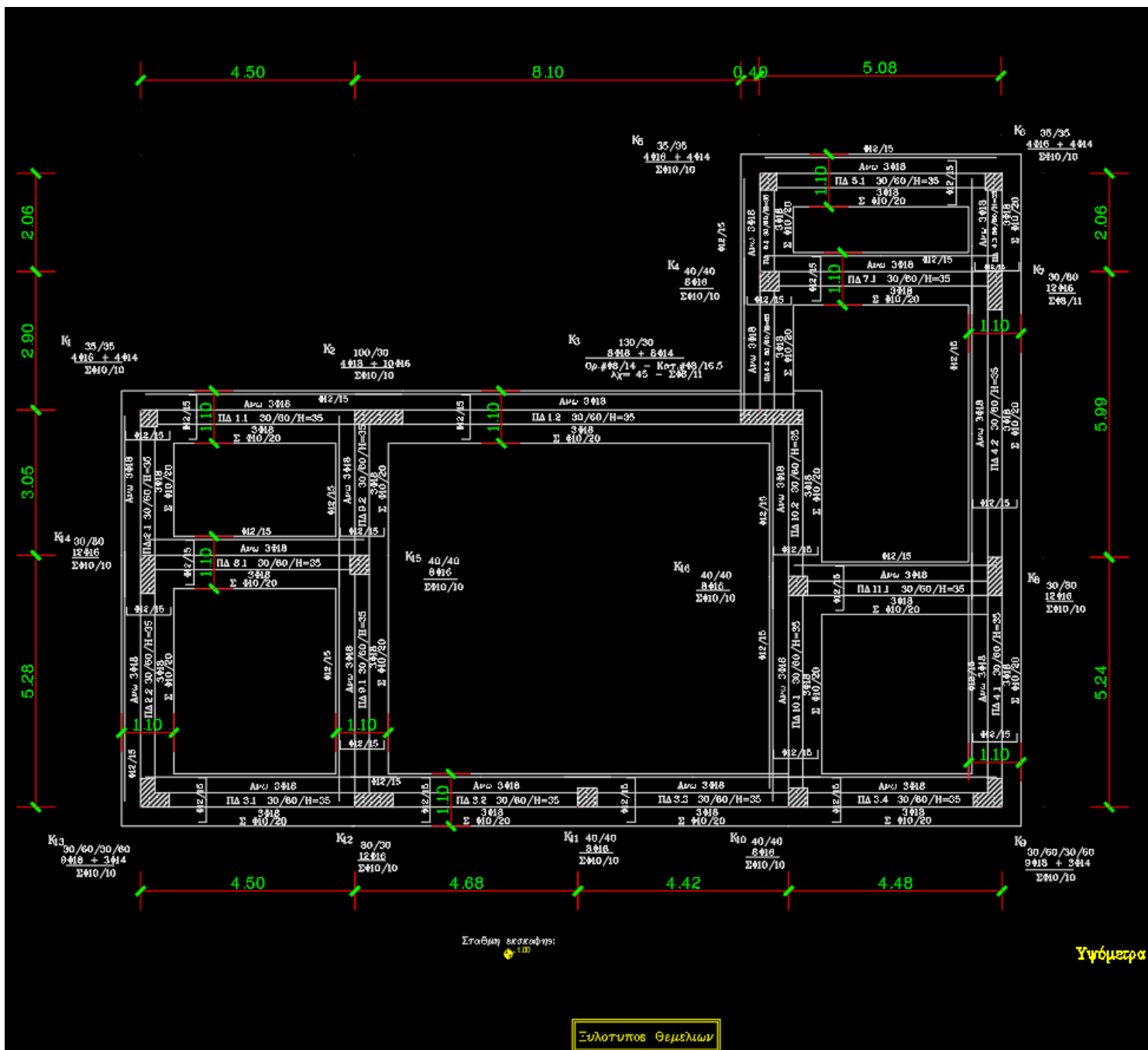


K9 $\frac{30/60/30/60}{9\phi 18 + 3\phi 14}$
Σφ10/10



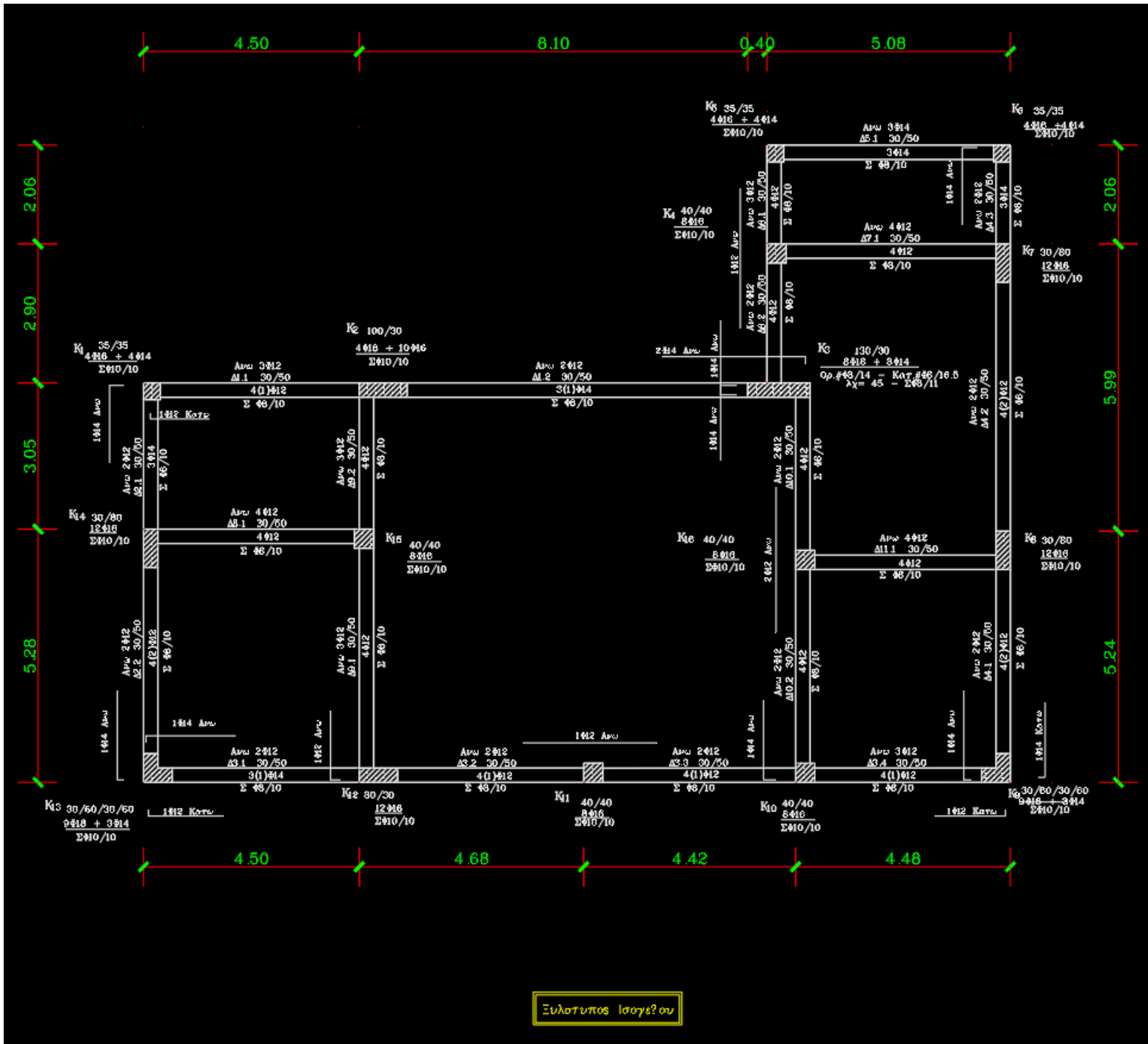
Λεπτομέρειες υποστυλωμάτων Κλίμακα 1:20

Λεπτομέρειες υποστυλωμάτων



Ξυλότυπος Θεμελίων

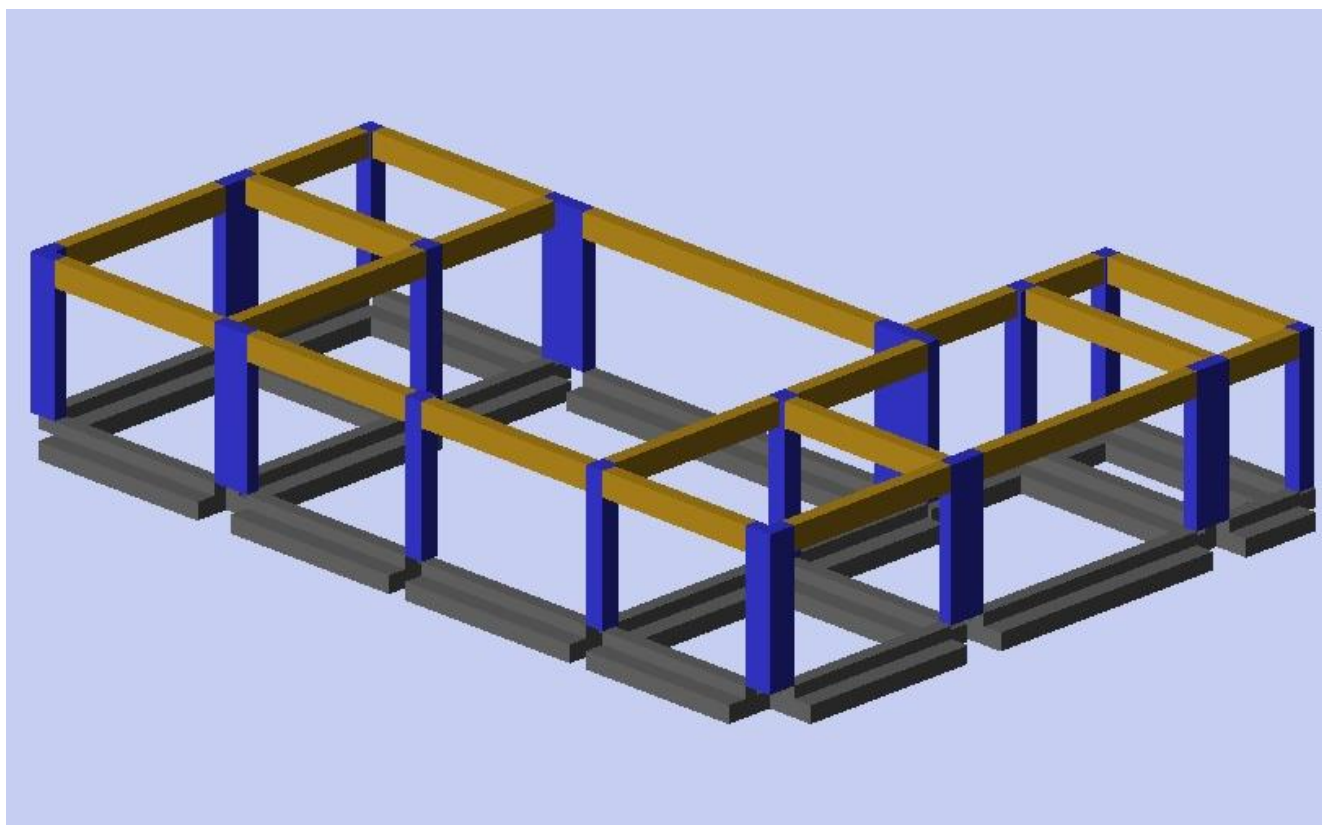
Στην παραπάνω εικόνα φαίνεται ο τελικός ξυλότυπος των θεμελίων δηλαδή το πως θα είναι η τελική μορφή των θεμελίων.



Ευλόγυπος ισογείου

Στην παραπάνω εικόνα φαίνεται ο τελικός ξυλότυπος του ισογείου δηλαδή το πως θα είναι η τελική μορφή του ισογείου μας.

Παρακάτω μπορούμε να δούμε το κτίριο μας και σε τρισδιάστατη μορφή.



Τρισδιάστατη απεικόνιση του κτιρίου

Κεφάλαιο 9^ο Ανάλυση τεύχους Στατικής Μελέτης

Στο παρόν κεφάλαιο θα αναλυθεί εκτενέστερα το τεύχος της στατικής μελέτης. Πιο συγκεκριμένα το τεύχος της στατικής μελέτης αποτελείται από την υπεύθυνη δήλωση του μηχανικού, τις παραδοχές μελέτης διαστασιολόγησης, την εκτίμηση της φέρουσας ικανότητας του εδάφους, την τεχνική έκθεση του προγράμματος - διαστασιολόγηση, τους γενικούς ελέγχους δομήματος, την σεισμική ανάλυση που έκανε το FespaTekton σύμφωνα με τον ευρωκώδικα 8, τον πίνακα κοντών υποστυλωμάτων, τον ικανοτικό σχεδιασμό των υποστυλωμάτων, τα διαγράμματα των τοιχωμάτων, τα στοιχεία – δεδομένα του κτιρίου, τα αποτελέσματα επίλυσης, τον ξυλότυποορ. -1 (θεμελίωση), τους δοκούς ορ. -1 (θεμελίωση), τον ξυλότυποορ. 0 (ισόγειο), τους δοκούς ορ. 0 (ισόγειο), τα αναπτύγματα οπλισμών δοκών ορ. -1 (θεμελίωση), τα αναπτύγματα οπλισμών δοκών ορ. 0 (ισόγειο), τον πίνακα οπλισμών δοκών, τα υποστυλώματα ορ. 0 (ισόγειο), τον συγκεντρωτικό πίνακα υποστυλωμάτων / πεσσών και τα αναλυτικά αποτελέσματα υποστυλωμάτων.

1. Πρώτη σελίδα.....	1
2. Υπεύθυνη δήλωση.....	4
<i>Υπεύθυνη δήλωση Μηχανικού.....</i>	<i>4</i>
3. Παραδοχές μελέτης διαστασιολόγησης.....	5
<i>Παραδοχές Μελέτης.....</i>	<i>5</i>
<i>Φορτίσεις & Συνθηκομετρική φορτίσεων στο έδαφος.....</i>	<i>6</i>
4. Εκτίμηση φέρουσας ικανότητας εδάφους.....	7
<i>Εκτίμηση υποκατάστασης τύπου εδάφους.....</i>	<i>7</i>
5. Τεχνική έκθεση προγράμματος - Διαστασιολόγηση.....	8
<i>Διαστασιολόγηση κτιριακού έργου.....</i>	<i>8</i>
6. Γενικοί έλεγχοι δομήματος.....	20
<i>Στατική ανάλυση.....</i>	<i>22</i>
<i>Τύποις και βάρους (ΕΚ8-1 64.3.3.3 (Γ), 64.3.3.3.2(β)1.....</i>	<i>24</i>
<i>Βάρους κτιρίου.....</i>	<i>24</i>
7. Πίνακας κοντών υποστυλωμάτων.....	25
<i>Πίνακας Κοντών Υποστυλωμάτων.....</i>	<i>25</i>
8. Ικανοτικός σχεδιασμός υποστυλωμάτων.....	26
<i>Αναγωγή από την ανακατασκευαστέα κατάσταση στα υποστυλώματα.....</i>	<i>26</i>
9. Διαγράμματα τοιχωμάτων.....	27
<i>Προβλεπόμενες Τοιχωμάτων.....</i>	<i>27</i>
<i>Τύποις Κ 2- Ροπή.....</i>	<i>27</i>
<i>Τύποις Κ 2- Δύναμη.....</i>	<i>27</i>
10. Στοιχεία - δεδομένα κτιρίου.....	29
<i>Δεδομένα κτιρίου.....</i>	<i>29</i>
<i>Όροφος -1.....</i>	<i>29</i>
<i>Όροφος 0.....</i>	<i>31</i>
<i>Δοκός φορέας.....</i>	<i>36</i>
11. Αποτελέσματα επίλυσης.....	37
<i>Δεδομένα επίλυσης.....</i>	<i>37</i>
<i>Υπολογισμός ελαστικού πλαστικού άξονα.....</i>	<i>37</i>
<i>Μετόθεση κέντρου μάζας.....</i>	<i>38</i>
<i>Πίνακας μόνων άξονων και αξόνων.....</i>	<i>38</i>
<i>Προσβλεπόμενα - φορητοί καταστάσεις.....</i>	<i>38</i>
<i>Συνιστάμενα μέτρα ασφαλείας σημαντικών διαμερισμάτων.....</i>	<i>39</i>
<i>Φαινόμενα 2ος τάξης.....</i>	<i>40</i>
<i>Αντιβράσεις δυναμικών φορτίσεων.....</i>	<i>40</i>
<i>Πόλεμοι πρόσθετων συνδυασμού ενισχυτικών μεγεθών.....</i>	<i>43</i>
<i>Χαρακτές επιμήκους των αστακών δευθύνσεων.....</i>	<i>43</i>
12. Ξυλότυπος ορ. -1.....	44
13. Δοκοί ορ. -1.....	45
14. Ξυλότυπος ορ. 0.....	101
15. Δοκοί ορ. 0.....	102
16. Αναπτύγματα οπλισμών δοκών ορ.-1.....	146
17. Αναπτύγματα οπλισμών δοκών ορ.0.....	153
18. Πίνακας οπλισμών δοκών.....	159
19. Υποστυλώματα ορ. 0.....	161
20. Συγκεντρωτικός πίνακας υποστυλωμάτων/πεσσών.....	212

Fespa 20 8.1.0.22 - ΣΤΑΤΙΚΟ ΤΕΥΧΟΣ ΝΙΚΟΣΕ.tifz - Σελίδα 2/276

Έργο / Περιεχόμενα

21. Αναλυτικά αποτελέσματα υποστυλωμάτων.....	213
---	-----

Περιεχόμενα στατικού τεύχους

Στην συγκεκριμένη μελέτη χρησιμοποιήθηκε κατηγορία σκυροδέματος C25/30. Η κατηγορία έκθεσης είναι [XC3] διότι η κατοικία μας δεν είναι ούτε σε θαλασσινό περιβάλλον, ούτε σε όξινο περιβάλλον. Επιπλέον έχει χρησιμοποιηθεί χάλυβας οπλισμού B500C. Εν συνεχεία αναλύονται τα βάρη που έχουν τοποθετηθεί πάνω σε κάθε πλάκα. Στα δάπεδα της κατοικίας μας βάζουμε τις προκαθορισμένες τιμές αφού οι πλάκες δεν διαδραματίζουν κάποιο ρόλο στην συγκεκριμένη επίλυση. Σημασία έχουν τα φορτία που έχουν τοποθετηθεί στα ξύλα της στέγης και αυτά μοιράστηκαν στα δοκάρια και από τα δοκάρια στα υποστυλώματα και τέλος από τα υποστυλώματα στα θεμέλια. Αξίζει να αναφερθεί ότι δεν πειράζονται οι συντελεστές ασφαλείας φορτίων – υλικών. Το έδαφος μας είναι αργιλώδες – ξηρό με δείκτη εδάφους $K_v = 90.000,00 \text{ kN/m}^3$. Η σεισμική ζώνη είναι τύπου Z2. Η μελέτη μας δεν έχει πρόβλεψη ορόφου που σημαίνει ότι δεν κατασκευάζουμε το κτίριο μας με δεδομένο ότι κάποια στιγμή στο μέλλον οι ιδιοκτήτες θα θελήσουν να προσθέσουν επιπλέον όροφο.

Παραδοχές Υπολογισμού

<p>[1] Υλικά</p> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>Σκυρόδεμα</td><td>C25/30</td></tr> <tr><td>Χάλυβας οπλισμού</td><td>B500C</td></tr> <tr><td>Κατηγορία έκθεσης</td><td>[XC3]</td></tr> <tr><td>Δομικός χάλυβας</td><td>S235</td></tr> <tr><td>Δομική Ξυλεία</td><td>C24</td></tr> </table> <p>[2] Μόνιμα φορτία</p> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>Ειδικό βάρος ακυροδέματος</td><td>25.0 kN/m³</td></tr> <tr><td>Ειδικό βάρος χάλυβα</td><td>78.5 kN/m³</td></tr> <tr><td>Δομικής πλινθοδομής</td><td>2.1 kN/m²</td></tr> <tr><td>Μπατονής πλινθοδομής</td><td>3.6 kN/m²</td></tr> <tr><td>Επικόλυμη πλαιών γενικά</td><td>1.2 kN/m²</td></tr> <tr><td>Επικόλυμη κλιμάκων</td><td>2.5 kN/m²</td></tr> <tr><td>Επικόλυμη δάματα/Στέγη</td><td>2.0 kN/m²</td></tr> <tr><td>Ειδικό βάρος γαιών</td><td>20.0 kN/m³</td></tr> <tr><td>Ειδικό βάρος δομικής Ξυλείας</td><td>3.5 kN/m³</td></tr> </table> <p>[3] Μεταβλητά φορτία</p> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>Δάπεδα κατοικιών-γραφείων</td><td>2.0 kN/m²</td></tr> <tr><td>Δάπεδα και κλιμάκ. καταστημάτων</td><td>5.0 kN/m²</td></tr> <tr><td>Κλιμάκων κατοικίας-γραφείων</td><td>3.5 kN/m²</td></tr> <tr><td>Δάπεδα εξωστών</td><td>5.0 kN/m²</td></tr> <tr><td>Δάπεδα χώρων στάθμευσης</td><td>5.0 kN/m²</td></tr> <tr><td>Δάμοι / Στέγη (μη βοτή)</td><td>0.5 kN/m²</td></tr> </table> <p>[4] Συντελεστές ασφαλείας φορτίων-υλικών</p> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>Μόνιμα φορτία</td><td>$\gamma_G=1,35$</td></tr> <tr><td>Μεταβλητά φορτία</td><td>$\gamma_Q=1,50$</td></tr> <tr><td>Σκυροδέματος</td><td>$\gamma_C=1,50$</td></tr> <tr><td>Συντελεστής θλιπτικής αντοχής</td><td>$\alpha_{ct}=0,85$</td></tr> <tr><td>Χάλυβα οπλισμού</td><td>$\gamma_S=1,15$</td></tr> <tr><td>Δομικός χάλυβας</td><td>$\gamma_{M2}=1,25$</td></tr> <tr><td>Συντ. υπεραντοχής δομικού χάλυβα</td><td>$\gamma_{dN}=1,25$</td></tr> <tr><td>Δομική Ξυλεία</td><td>$\gamma_M=1,50$</td></tr> <tr><td>Συνδυασμοί EC0 (6.10a)+(6.10b)</td><td>$\xi=0,85$</td></tr> </table> <p>[5] Έδαφος</p> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>Μέθοδος υπολογισμού</td><td>Απλοποιημένη μεθ.</td></tr> <tr><td>Δείκτης εδάφους</td><td>$K_v=90000,00 \text{ kN/m}^3$</td></tr> <tr><td>Επιτρεπόμενη τάση</td><td>$\sigma_{el}=150,00 \text{ kN/m}^2$</td></tr> <tr><td>Γωνία τριβής στη βάση θεμελίου</td><td>$\delta=30,00[^\circ]$</td></tr> <tr><td>Συντελεστές ασφαλείας (Ολοθίηση)</td><td>Στατικό $\gamma_{RH}=1,10$ Σεισμικά $\gamma_{RH}=1,00$</td></tr> <tr><td>Συντελεστές ασφαλείας (Φέρουσα Ικανότητα)</td><td>Στατικά $\gamma_{RV}=1,40$ Σεισμικά $\gamma_{RV}=1,00$</td></tr> </table>	Σκυρόδεμα	C25/30	Χάλυβας οπλισμού	B500C	Κατηγορία έκθεσης	[XC3]	Δομικός χάλυβας	S235	Δομική Ξυλεία	C24	Ειδικό βάρος ακυροδέματος	25.0 kN/m ³	Ειδικό βάρος χάλυβα	78.5 kN/m ³	Δομικής πλινθοδομής	2.1 kN/m ²	Μπατονής πλινθοδομής	3.6 kN/m ²	Επικόλυμη πλαιών γενικά	1.2 kN/m ²	Επικόλυμη κλιμάκων	2.5 kN/m ²	Επικόλυμη δάματα/Στέγη	2.0 kN/m ²	Ειδικό βάρος γαιών	20.0 kN/m ³	Ειδικό βάρος δομικής Ξυλείας	3.5 kN/m ³	Δάπεδα κατοικιών-γραφείων	2.0 kN/m ²	Δάπεδα και κλιμάκ. καταστημάτων	5.0 kN/m ²	Κλιμάκων κατοικίας-γραφείων	3.5 kN/m ²	Δάπεδα εξωστών	5.0 kN/m ²	Δάπεδα χώρων στάθμευσης	5.0 kN/m ²	Δάμοι / Στέγη (μη βοτή)	0.5 kN/m ²	Μόνιμα φορτία	$\gamma_G=1,35$	Μεταβλητά φορτία	$\gamma_Q=1,50$	Σκυροδέματος	$\gamma_C=1,50$	Συντελεστής θλιπτικής αντοχής	$\alpha_{ct}=0,85$	Χάλυβα οπλισμού	$\gamma_S=1,15$	Δομικός χάλυβας	$\gamma_{M2}=1,25$	Συντ. υπεραντοχής δομικού χάλυβα	$\gamma_{dN}=1,25$	Δομική Ξυλεία	$\gamma_M=1,50$	Συνδυασμοί EC0 (6.10a)+(6.10b)	$\xi=0,85$	Μέθοδος υπολογισμού	Απλοποιημένη μεθ.	Δείκτης εδάφους	$K_v=90000,00 \text{ kN/m}^3$	Επιτρεπόμενη τάση	$\sigma_{el}=150,00 \text{ kN/m}^2$	Γωνία τριβής στη βάση θεμελίου	$\delta=30,00[^\circ]$	Συντελεστές ασφαλείας (Ολοθίηση)	Στατικό $\gamma_{RH}=1,10$ Σεισμικά $\gamma_{RH}=1,00$	Συντελεστές ασφαλείας (Φέρουσα Ικανότητα)	Στατικά $\gamma_{RV}=1,40$ Σεισμικά $\gamma_{RV}=1,00$	<p>[6] Στοιχεία αντισεισμικού σχεδιασμού</p> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>Εθνικό προάρτημα</td><td>GR(Ελλάς)</td></tr> <tr><td>Κατηγορία πλασσιμότητας</td><td>KPM</td></tr> <tr><td>Σεισμική ζώνη</td><td>Z2</td></tr> <tr><td>α_{gR}</td><td>0,240</td></tr> <tr><td>α_{vGR}</td><td>0,216</td></tr> <tr><td>Σπασσιμότητα</td><td>II</td></tr> <tr><td>α_v</td><td>1,00</td></tr> <tr><td>Κατοκόρυφη συνιστώσα</td><td>OXI</td></tr> <tr><td>Τύπος φάσματος Σχεδιασμού</td><td>1</td></tr> <tr><td>Εδαφικός τύπος</td><td>B</td></tr> <tr><td>5</td><td>1,20</td></tr> <tr><td>Ιδιοπερίοδοι φάσματος</td><td>T_B=0,15</td></tr> <tr><td>T_C</td><td>0,50</td></tr> <tr><td>Τ_D</td><td>2,50</td></tr> <tr><td>Συντ. απόσβεσης</td><td>$\xi=5,00\%$</td></tr> <tr><td>Συντελεστής τοπογραφίας</td><td>$\xi_T=1,00$</td></tr> </table> <p>[6.1] Συντελεστής συμπεριφοράς</p> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>Συντ. σεισμικής συμπεριφοράς οριζ.</td><td>$\alpha_X=3,15$</td></tr> <tr><td>α_Z</td><td>3,15</td></tr> <tr><td>Συντ. σεισμικής συμπεριφοράς κατακόρυφα</td><td>$\alpha_V=1,50$</td></tr> </table> <p>Στατικό σύστημα: (Διεύθυνση X) ΠΛΑΣΙΣΤΟ Η (ΙΣΟΔΥΝΑΜΟ ΔΙΠΛΟ ΜΟΝΟΡΟΦΟ ΣΥΣΤΗΜΑ)</p> <p>Στατικό σύστημα: (Διεύθυνση Z) ΠΛΑΣΙΣΤΟ Η (ΙΣΟΔΥΝΑΜΟ ΔΙΠΛΟ ΜΟΝΟΡΟΦΟ ΣΥΣΤΗΜΑ)</p> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>Κανονικότητα σε κάτοψη</td><td>OXI</td></tr> <tr><td>Κανονικότητα καθ' ύψος</td><td>X: ΝΑΙ</td></tr> <tr><td>Z: ΝΑΙ</td><td></td></tr> </table> <p>Βασική τιμή συντ. συμπεριφοράς</p> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>α_{0X}</td><td>3,15</td></tr> <tr><td>α_{0Z}</td><td>3,15</td></tr> </table> <p>Λόγος υπεραντοχής</p> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>α_{1X}</td><td>1,05</td></tr> <tr><td>α_{1Z}</td><td>1,05</td></tr> </table> <p>Συντελεστής τοιχοματών</p> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>k_{wX}</td><td>1,00</td></tr> <tr><td>k_{wZ}</td><td>1,00</td></tr> </table> <p>Αντισεισμική Ανάλυση</p> <p>Δυναμική με M.Μαζών</p> <p>Ανάλυση pushover</p> <p>OXI</p> <p>Συντ. μείωσης μετακινήσεων Ο.Κ.Π.Β.</p> <p>$\nu=0,50$</p> <p>Ικαντικός σχεδιασμός σε κόμμη</p> <p>X: OXI</p> <p>Z: OXI</p> <p>[7] Πρότυπα κ' Εθνικά προσαρτήματα (ΕΛΟΤ)</p> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>Βάσης σχεδιασμού</td><td>EN1990 2002</td></tr> <tr><td>Δράσεις στους φορείς</td><td>EN1991-1 2002</td></tr> <tr><td>Κανονισμός Σκυροδέματος</td><td>EN1992-1 2004</td></tr> <tr><td>Κανονισμός κατασκευών από Χάλυβα</td><td>EN1993-1 2006</td></tr> <tr><td>Κανονισμός κατασκευών από τοιχοποιία</td><td>EN1996-1 2006</td></tr> <tr><td>Γεωτεχνικός Σχεδιασμός</td><td>EN1997-1 2004</td></tr> <tr><td>Αντισεισμικός Κανονισμός</td><td>EN1998-1,5 2004</td></tr> <tr><td>Προσθήκες - Ενωχύσεις - Αποτίμηση</td><td>EN1998-3 2005</td></tr> <tr><td></td><td>KAN.ΕΠΕ</td></tr> <tr><td></td><td>ΦΕΚ2187/Β/5/9/13</td></tr> </table> <p>[8] Προβλέψεις</p> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>Καθ' Ύψος</td><td>ΜΗΔΕΝ(0)</td></tr> <tr><td>Κατ' Επέκταση</td><td>0</td></tr> </table>	Εθνικό προάρτημα	GR(Ελλάς)	Κατηγορία πλασσιμότητας	KPM	Σεισμική ζώνη	Z2	α _{gR}	0,240	α _{vGR}	0,216	Σπασσιμότητα	II	α _v	1,00	Κατοκόρυφη συνιστώσα	OXI	Τύπος φάσματος Σχεδιασμού	1	Εδαφικός τύπος	B	5	1,20	Ιδιοπερίοδοι φάσματος	T _B =0,15	T _C	0,50	Τ _D	2,50	Συντ. απόσβεσης	$\xi=5,00\%$	Συντελεστής τοπογραφίας	$\xi_T=1,00$	Συντ. σεισμικής συμπεριφοράς οριζ.	$\alpha_X=3,15$	α_Z	3,15	Συντ. σεισμικής συμπεριφοράς κατακόρυφα	$\alpha_V=1,50$	Κανονικότητα σε κάτοψη	OXI	Κανονικότητα καθ' ύψος	X: ΝΑΙ	Z: ΝΑΙ		α_{0X}	3,15	α_{0Z}	3,15	α_{1X}	1,05	α_{1Z}	1,05	k_{wX}	1,00	k_{wZ}	1,00	Βάσης σχεδιασμού	EN1990 2002	Δράσεις στους φορείς	EN1991-1 2002	Κανονισμός Σκυροδέματος	EN1992-1 2004	Κανονισμός κατασκευών από Χάλυβα	EN1993-1 2006	Κανονισμός κατασκευών από τοιχοποιία	EN1996-1 2006	Γεωτεχνικός Σχεδιασμός	EN1997-1 2004	Αντισεισμικός Κανονισμός	EN1998-1,5 2004	Προσθήκες - Ενωχύσεις - Αποτίμηση	EN1998-3 2005		KAN.ΕΠΕ		ΦΕΚ2187/Β/5/9/13	Καθ' Ύψος	ΜΗΔΕΝ(0)	Κατ' Επέκταση	0
Σκυρόδεμα	C25/30																																																																																																																																																						
Χάλυβας οπλισμού	B500C																																																																																																																																																						
Κατηγορία έκθεσης	[XC3]																																																																																																																																																						
Δομικός χάλυβας	S235																																																																																																																																																						
Δομική Ξυλεία	C24																																																																																																																																																						
Ειδικό βάρος ακυροδέματος	25.0 kN/m ³																																																																																																																																																						
Ειδικό βάρος χάλυβα	78.5 kN/m ³																																																																																																																																																						
Δομικής πλινθοδομής	2.1 kN/m ²																																																																																																																																																						
Μπατονής πλινθοδομής	3.6 kN/m ²																																																																																																																																																						
Επικόλυμη πλαιών γενικά	1.2 kN/m ²																																																																																																																																																						
Επικόλυμη κλιμάκων	2.5 kN/m ²																																																																																																																																																						
Επικόλυμη δάματα/Στέγη	2.0 kN/m ²																																																																																																																																																						
Ειδικό βάρος γαιών	20.0 kN/m ³																																																																																																																																																						
Ειδικό βάρος δομικής Ξυλείας	3.5 kN/m ³																																																																																																																																																						
Δάπεδα κατοικιών-γραφείων	2.0 kN/m ²																																																																																																																																																						
Δάπεδα και κλιμάκ. καταστημάτων	5.0 kN/m ²																																																																																																																																																						
Κλιμάκων κατοικίας-γραφείων	3.5 kN/m ²																																																																																																																																																						
Δάπεδα εξωστών	5.0 kN/m ²																																																																																																																																																						
Δάπεδα χώρων στάθμευσης	5.0 kN/m ²																																																																																																																																																						
Δάμοι / Στέγη (μη βοτή)	0.5 kN/m ²																																																																																																																																																						
Μόνιμα φορτία	$\gamma_G=1,35$																																																																																																																																																						
Μεταβλητά φορτία	$\gamma_Q=1,50$																																																																																																																																																						
Σκυροδέματος	$\gamma_C=1,50$																																																																																																																																																						
Συντελεστής θλιπτικής αντοχής	$\alpha_{ct}=0,85$																																																																																																																																																						
Χάλυβα οπλισμού	$\gamma_S=1,15$																																																																																																																																																						
Δομικός χάλυβας	$\gamma_{M2}=1,25$																																																																																																																																																						
Συντ. υπεραντοχής δομικού χάλυβα	$\gamma_{dN}=1,25$																																																																																																																																																						
Δομική Ξυλεία	$\gamma_M=1,50$																																																																																																																																																						
Συνδυασμοί EC0 (6.10a)+(6.10b)	$\xi=0,85$																																																																																																																																																						
Μέθοδος υπολογισμού	Απλοποιημένη μεθ.																																																																																																																																																						
Δείκτης εδάφους	$K_v=90000,00 \text{ kN/m}^3$																																																																																																																																																						
Επιτρεπόμενη τάση	$\sigma_{el}=150,00 \text{ kN/m}^2$																																																																																																																																																						
Γωνία τριβής στη βάση θεμελίου	$\delta=30,00[^\circ]$																																																																																																																																																						
Συντελεστές ασφαλείας (Ολοθίηση)	Στατικό $\gamma_{RH}=1,10$ Σεισμικά $\gamma_{RH}=1,00$																																																																																																																																																						
Συντελεστές ασφαλείας (Φέρουσα Ικανότητα)	Στατικά $\gamma_{RV}=1,40$ Σεισμικά $\gamma_{RV}=1,00$																																																																																																																																																						
Εθνικό προάρτημα	GR(Ελλάς)																																																																																																																																																						
Κατηγορία πλασσιμότητας	KPM																																																																																																																																																						
Σεισμική ζώνη	Z2																																																																																																																																																						
α _{gR}	0,240																																																																																																																																																						
α _{vGR}	0,216																																																																																																																																																						
Σπασσιμότητα	II																																																																																																																																																						
α _v	1,00																																																																																																																																																						
Κατοκόρυφη συνιστώσα	OXI																																																																																																																																																						
Τύπος φάσματος Σχεδιασμού	1																																																																																																																																																						
Εδαφικός τύπος	B																																																																																																																																																						
5	1,20																																																																																																																																																						
Ιδιοπερίοδοι φάσματος	T _B =0,15																																																																																																																																																						
T _C	0,50																																																																																																																																																						
Τ _D	2,50																																																																																																																																																						
Συντ. απόσβεσης	$\xi=5,00\%$																																																																																																																																																						
Συντελεστής τοπογραφίας	$\xi_T=1,00$																																																																																																																																																						
Συντ. σεισμικής συμπεριφοράς οριζ.	$\alpha_X=3,15$																																																																																																																																																						
α_Z	3,15																																																																																																																																																						
Συντ. σεισμικής συμπεριφοράς κατακόρυφα	$\alpha_V=1,50$																																																																																																																																																						
Κανονικότητα σε κάτοψη	OXI																																																																																																																																																						
Κανονικότητα καθ' ύψος	X: ΝΑΙ																																																																																																																																																						
Z: ΝΑΙ																																																																																																																																																							
α_{0X}	3,15																																																																																																																																																						
α_{0Z}	3,15																																																																																																																																																						
α_{1X}	1,05																																																																																																																																																						
α_{1Z}	1,05																																																																																																																																																						
k_{wX}	1,00																																																																																																																																																						
k_{wZ}	1,00																																																																																																																																																						
Βάσης σχεδιασμού	EN1990 2002																																																																																																																																																						
Δράσεις στους φορείς	EN1991-1 2002																																																																																																																																																						
Κανονισμός Σκυροδέματος	EN1992-1 2004																																																																																																																																																						
Κανονισμός κατασκευών από Χάλυβα	EN1993-1 2006																																																																																																																																																						
Κανονισμός κατασκευών από τοιχοποιία	EN1996-1 2006																																																																																																																																																						
Γεωτεχνικός Σχεδιασμός	EN1997-1 2004																																																																																																																																																						
Αντισεισμικός Κανονισμός	EN1998-1,5 2004																																																																																																																																																						
Προσθήκες - Ενωχύσεις - Αποτίμηση	EN1998-3 2005																																																																																																																																																						
	KAN.ΕΠΕ																																																																																																																																																						
	ΦΕΚ2187/Β/5/9/13																																																																																																																																																						
Καθ' Ύψος	ΜΗΔΕΝ(0)																																																																																																																																																						
Κατ' Επέκταση	0																																																																																																																																																						

Ακολούθως φαίνεται η ισορροπία διατομής κρίσιμης φόρτισης, δηλαδή στο σενάριο που φορτίζεται οριακά πως συμπεριφέρεται το υποστύλωμα Κ. Πιο συγκεκριμένα το υποστύλωμα Κ συμπεριφέρεται εντός των ορίων σχεδιασμού που έχει επιλέξει να του βάλει οπλισμό με άμεσο αποτέλεσμα να μην σπάει. Στην περίπτωση που το υποστύλωμα Κ έσπαγε, το πρόγραμμα θα παρουσίαζε ότι οποιοσδήποτε οπλισμός και αν τοποθετηθεί θα σπάσει και θα έχει αστοχίες.

Αναλυτική εκτύπωση υποστυλώματος Κ 1

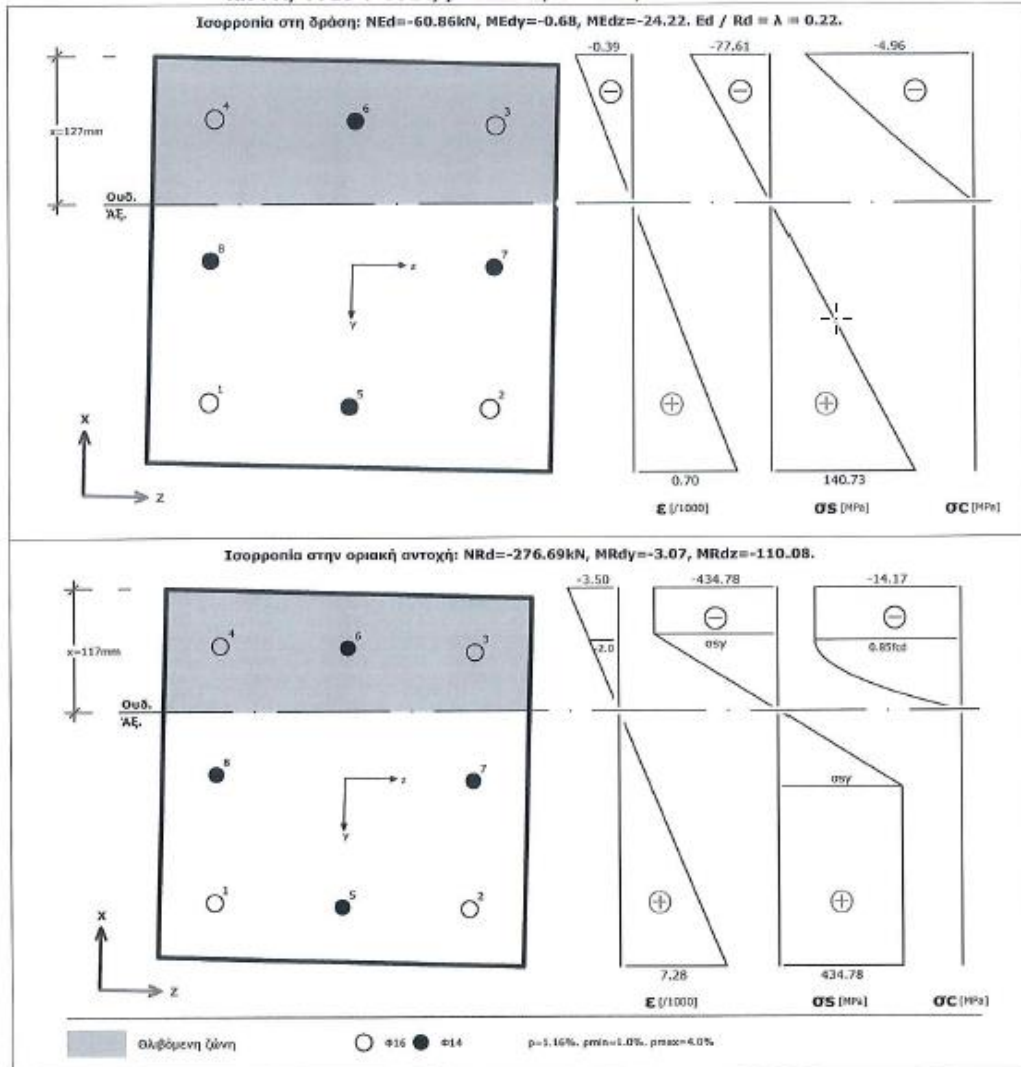
Κ1, Όροφος 0

Γενικά δεδομένα

Κόμβοι	Αρχή: 1(-1)	Τέλος: 1(0)	Μέλος: 1	
Διατομή	Ορθογωνική: 35/35 / $\alpha' = 5,5$			Υψος = 3,00 [m]
Υλικό	Σκυρόδεμα C25/30	Χάλυβας: B500C		Συνδετήρες: B500C
Κοντό= Οχι	Ητολ=0,00 - οσ=3,59			
Κανονισμός	Πλαστιμότητα : ΚΠΜ			Κύριο Μέλος
ΣΠΕΜ	[X]= 1,00	[Z]= 1,00		

Ισορροπία διατομής κρίσιμης φόρτισης: ΣΣ:-x. Θέση: Κ 1(0), κάτω.

ΚΠ : Μ, 4Φ16 + 4Φ14, ρ = 1.16%, λ = 0.22, νd = 0.04 < 0.65



Εν κατακλείδι, η στατική επίλυση που υλοποιήθηκε είχε ως απώτερο στόχο να καταστήσει την κατοικία μας σταθερή και ασφαλή ούτως ώστε να μπορούν να διαμένουν άτομα μέσα σε αυτή. Παρόλο που το πρόγραμμα FespaTekton έβγαζε πολλές φορές μη ρεαλιστικά αποτελέσματα, εμείς προσπαθήσαμε να προσαρμόσουμε αυτά τα αποτελέσματα προκειμένου να ανταποκρίνονται στην πραγματικότητα, τείνοντας πάντα προς την ασφαλέστερη πλευρά των επιλογών μας. Με βάση όλων όσων έχουν λεχθεί παραπάνω γίνεται αντιληπτό ότι με το πρόγραμμα FespaTekton καταφέραμε να στήσουμε ορθά και ασφαλή την κατοικία μας προκειμένου να μπορεί να αποτελέσει μια σωστή κατοικία για τους ιδιοκτήτες της.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Εγχειρίδιο σκυροδέτησης, *INTERBETON για ποιοτικό σκυρόδεμα με διάρκεια ζωής*, Αθήνα

Ζαχαροπούλου, Α. (2014). Επίδραση πρόσθετων-πρόσμικτων στην διάβρωση του χάλυβα οπλισμού του σκυροδέματος, Τμήμα Χημικών Μηχανικών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Διδακτορική διατριβήΚαββαδάς, Μ. (2006).*Στοιχείαεδαφομηχανικής*, Έκδοση Ε. Μ. Πολυτεχνείου, Αθήνα

Καρτσάκας, Α. (2008). *Στατική-αντισεισμικήμελέτηκαι σχεδιασμός κτιρίου διοίκησης Ε.Α.Π.*, Διπλωματική εργασία

Κωνσταντινίδης, Α. (1978). Εφαρμογές οπλισμένου σκυροδέματος τόμος γ. Αθήνα Εκδόσεις Διονύσης ΓαρταγάνηςΛάζαρης, Α. (2015). *Βελτίωση της σεισμικής συμπεριφοράς κτιρίου από οπλισμένο σκυρόδεμα με μεταλλικά στοιχεία*, , Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Πανεπιστήμιο Πατρών Διπλωματική εργασία

Λώλου, Α., Μακοπούλου Σ. (2016). Υπολογισμός της αντοχής και ικανότητας παραμόρφωσης μελών οπλισμένου σκυροδέματος σύμφωνα με τον ευρωκώδικα 8, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Πανεπιστήμιο Πελοποννήσου, πτυχιακή εργασία

Μπισκίνης, Δ. (2021)Σημειώσεις από το μάθημα: Οπλισμένο σκυρόδεμα μέρος 2, Πανεπιστήμιο Πελοποννήσου

Παλουκάκης, Ν., Στριγγας, Α. (2020).*Μελέτη μεταλλικού βιομηχανικού κτιρίου με χρήση Fespa*, Διπλωματική εργασία

Φαρδής, Μ. (2015). *Μαθήματαοπλισμένουσκυροδέματοςμέρος3*, Πανεπιστήμιο Πατρών

Carvalho, G., Bento, R. & Bhatt, C. (2012).Nonlinear static and dynamic analyses of reinforced concrete buildings – comparison of different modelling approaches,*Earthquakes and Structures*, 5, 451-570

Chatterjee, S., Sarkar, S., Hore, S., Dey, N., Ashour, A., Shi, F. & Le D. (2017). Structural failure classification for reinforced concrete buildings using trained neural network based multi-objective genetic algorithm, *Structural Engineering and Mechanics*, 63

European Committee for Standardization (CEN)-(1991). «Eurocode 1: Basis of design and actions on structures». Brussels

European Committee for Standardization (CEN)-(1992). «Eurocode 2: Design of concrete structures». Brussels

European Committee for Standardization (CEN)-(1998). «Eurocode 8: Design of Structures for Earthquake Resistance-Part3:Strengthening and Repair of Buildings». BrusselsKrawinkler, H. &Seneviratna, G. D. P. K. (1998). Pros and cons analysis of seismic evaluation. *Engineering Structures*, 20, 452-464

Fespa 10 (2010). «Οδηγόςμελέτηςμε EC2 –EC8» ΕκδόσειςΚλειδάριθμος, Αθήνα

Fespa 10 (2013). «Τοεπίσημοεγχειρίδιοαναφοράς». Αθήνα